

**ТЕМА: Ткани опорно-
трофические**
= подгруппа «Опорные ткани»

Лектор:
профессор Георгий Васильевич
Правоторов

Лечебный факультет НГМУ, 2020 г.

План лекции:

1. Общая характеристика ОТ
2. Костная ткань - общие свойства, характеристика видов КТ;
3. 2. Кость как орган и стадии развития кости.
4. 3. Хрящевая ткань – общие свойства, характеристика видов ХТ;

Общая

ые

ТКАНИ

(общая

характери

Подгруппа: «Опорные ткани»

Это совокупность тканей внутренней среды с межклеточным веществом ПЛОТНОЙ КОНСИСТЕНЦИИ;

□ Их особенность = ярко выраженная жёсткость матрикса – т.е. способность противостоять сжатию, растяжению, изгибу и кручению.

В организме человека существует два вида ОТ:

1) Костные и 2) Хрящевые

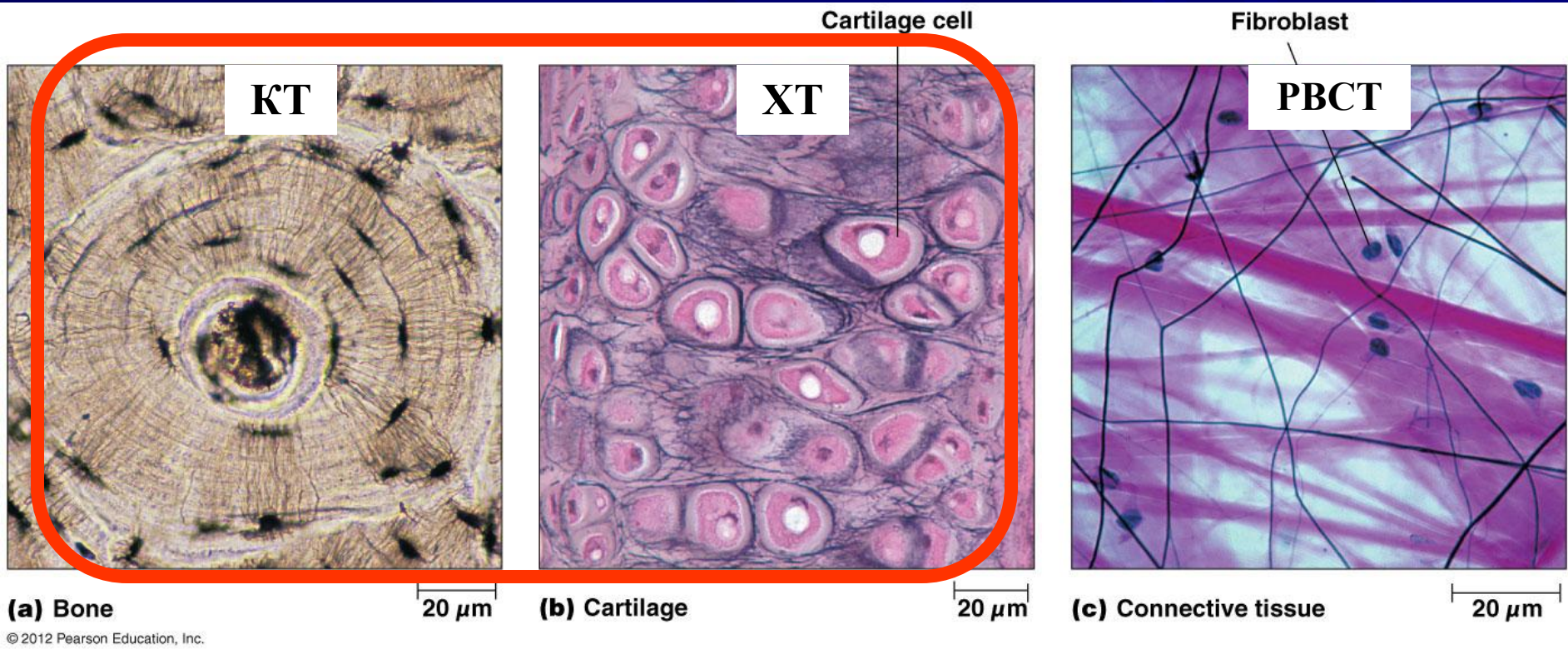
Подгруппа: «Опорные ткани»

При этом = жесткость их матрикса
различна по природе !!!:

А) КОСТНЫЕ = это коллагеновые белки
+ минеральные соли, осажденные на белковых
волокнах
{физический прототип = камень}

Б) Хрящевые = это полисахариды (АПГ)
+ связанная ими вода
{физический прототип = лёд}

ОТ имеют характерную микроскопическую архитектонику

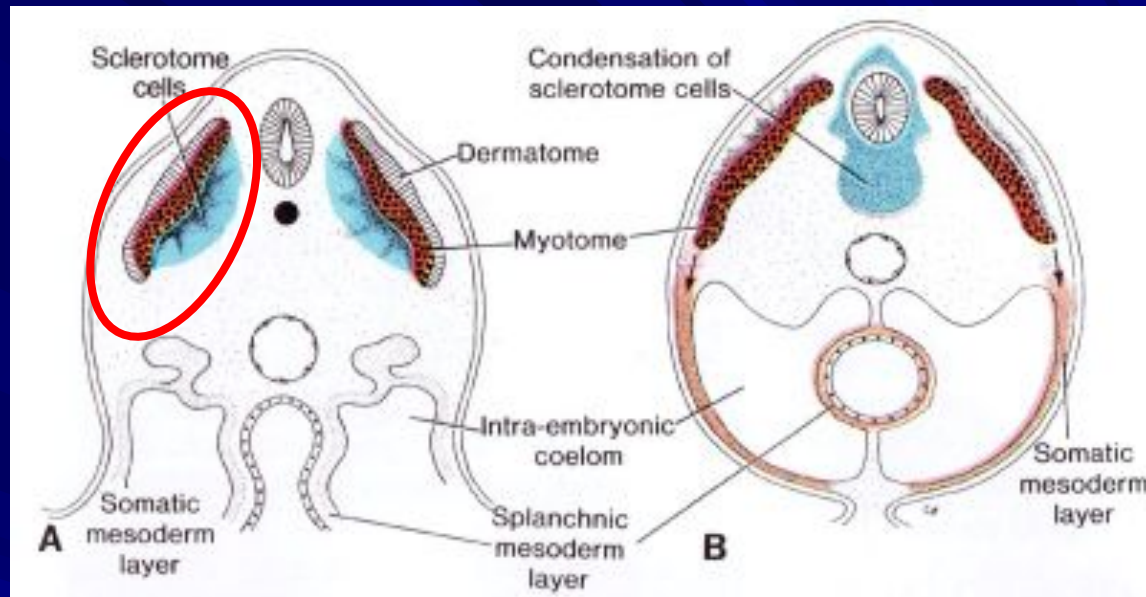


При (1) малой численной плотности клеток, эти ткани отчетливо различаются по строению (2) межклеточных образований.

Соотношение клеток и межклеточного вещества в нативных ТОТ

	РСТ	Хрящ	Кость
<i>Плотность клеток (тыс./мм³)</i>	30-50	190-200	50-60
$V_{\text{клеток}} / V_{\text{матрикса}}$	1:2500	1:250	1:2000
% Н₂О (свободная + связанная в матриксе)	≈ 85-88%	≈ 80%	≈ 50%

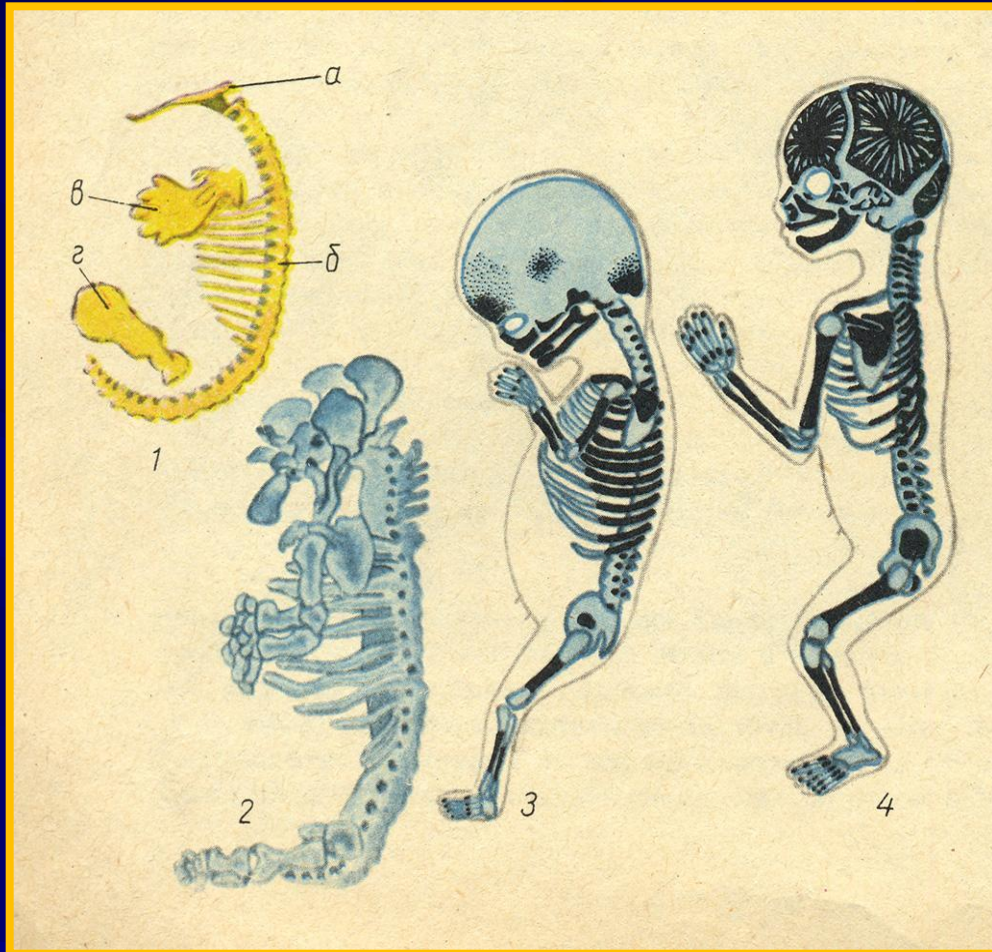
Источники развития ОТ



Опорные (скелетные) ткани человека возникают из СОМИТОВ мезодермы.

- В организме **взрослого** человека преобладают костные ткани.
- В организме **новорожденного** — хрящевые.

По ходу развития, хрящевые ткани в скелетных конструкциях постепенно замещаются на костные.



Развитие скелета у зародыша человека

1 - скелет 1-4 недельного зародыша, образованный мягкой (перепончатой) соединительной тканью (а - пластинка основания черепа, б - зачаток позвоночника, в - зачаток руки, г - зачаток ноги)

2 - хрящевой скелет 8-9 недельного зародыша

3 - костный скелет двухмесячного зародыша

4 - костный скелет четырехмесячного зародыша

Хрящевая ткань.

У зародыша человека – 50% массы всего скелета

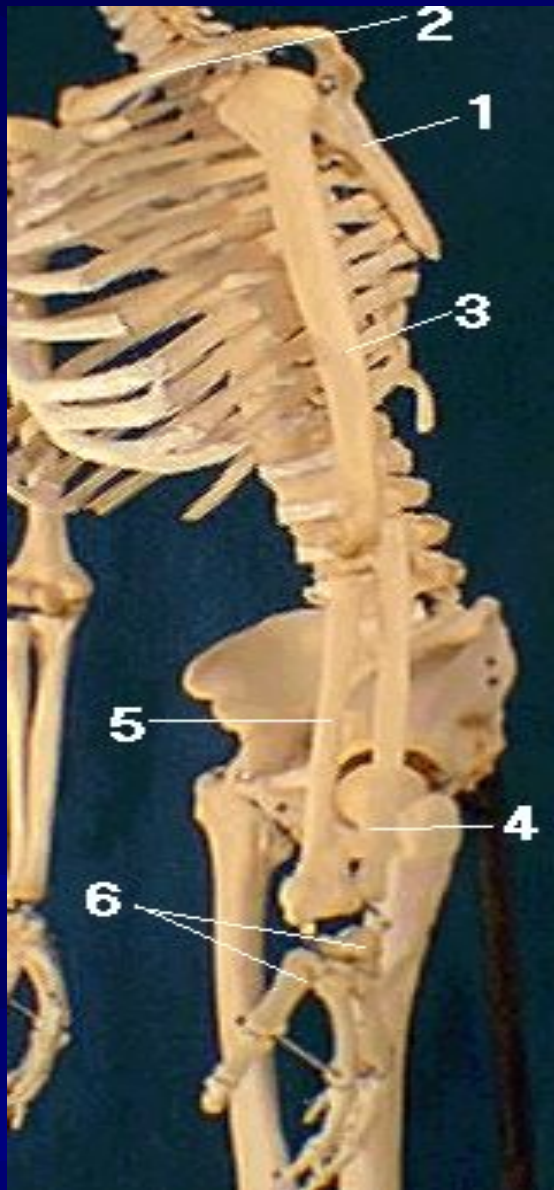
У взрослого человека – 2%

Хрящи:

- Суставные
- Межпозвоночные диски
- Хрящи носа, уха, гортани, трахеи, бронхов, ребер

**Ткани
костные**

Костная ткань: скелетная



- Высокая прочность (жёсткость) КТ определяет её ведущую функцию: ЛОКОМОТОРНУЮ.
- Костные органы являются эффективными рычагами, обеспечивающими активное перемещение тела крупных сухопутных животных в пространстве и механическую защиту.

Костная ткань: скелетная

Органический матрикс КТ состоит:

- на **95 %** из белка **коллагена I-типа** (оссеина)
- на **5 %** из полисахаридов **гликозаминогликанов.**

Коллаген – самый распространенный белок в нашем организме и **более 50%** его **сосредоточено в костях!!!**

Костная ткань (неорганический матрикс)

Матрикс КТ содержит до **97 %** всего кальция и около **81 %** фосфатов организма.

Исключительно высокая минерализация матрикса КТ позволяет выполнять ещё одну важную функцию:

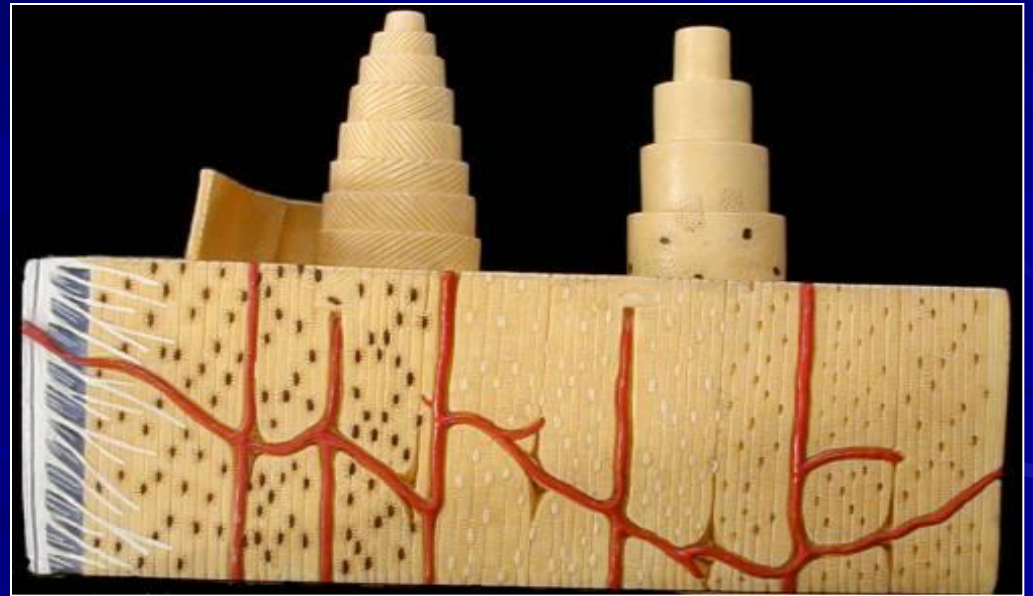
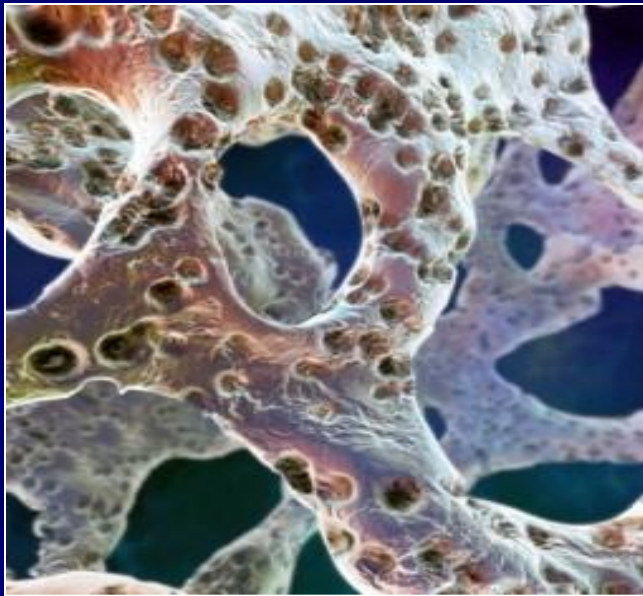
- Кости играют главную роль в минеральном обмене организма.
- У взрослого человека КТ являются внутренним депо минеральных солей.

Костные ткани: Гистологическая классификация

КТ подразделяется на две **группы**:

Ретикуло-фиброзная
= незрелая

Пластинчатая =
зрелая

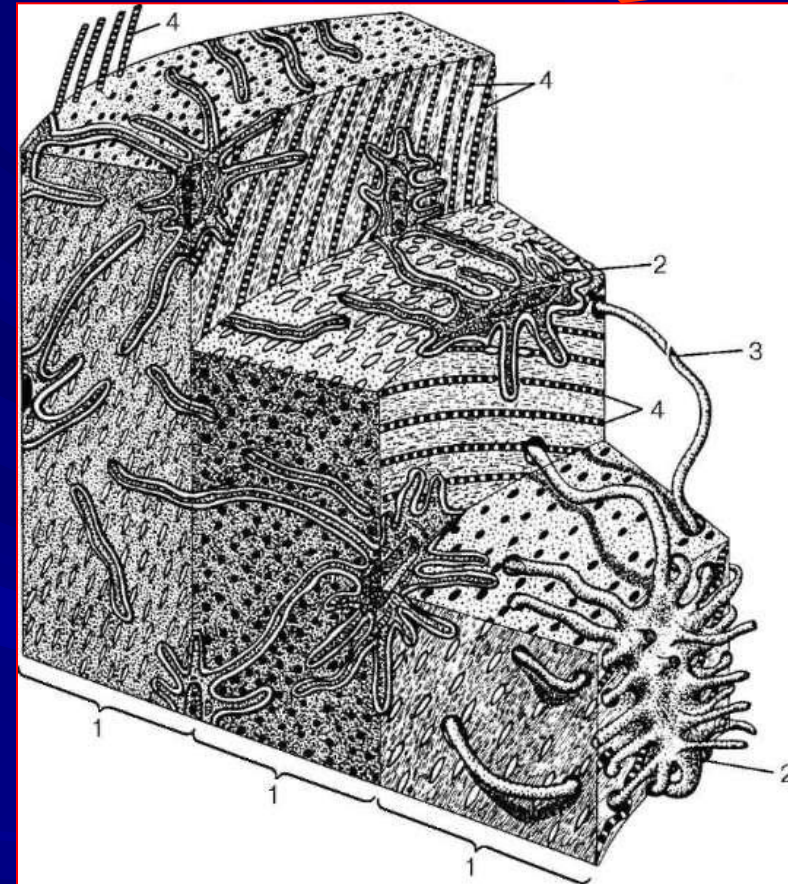


Костная ткань: Скелетная (гистологическая классификация)

Ретикуло-фиброзная
= БАЛКА



Пластинчатая =
ПЛАСТИНКИ



Морфо-функциональная ЕДИНИЦА зрелой костной ткани =
костная балка или пластинка.

Стадии формирования КТ из мезенхимы в эмбриональном периоде

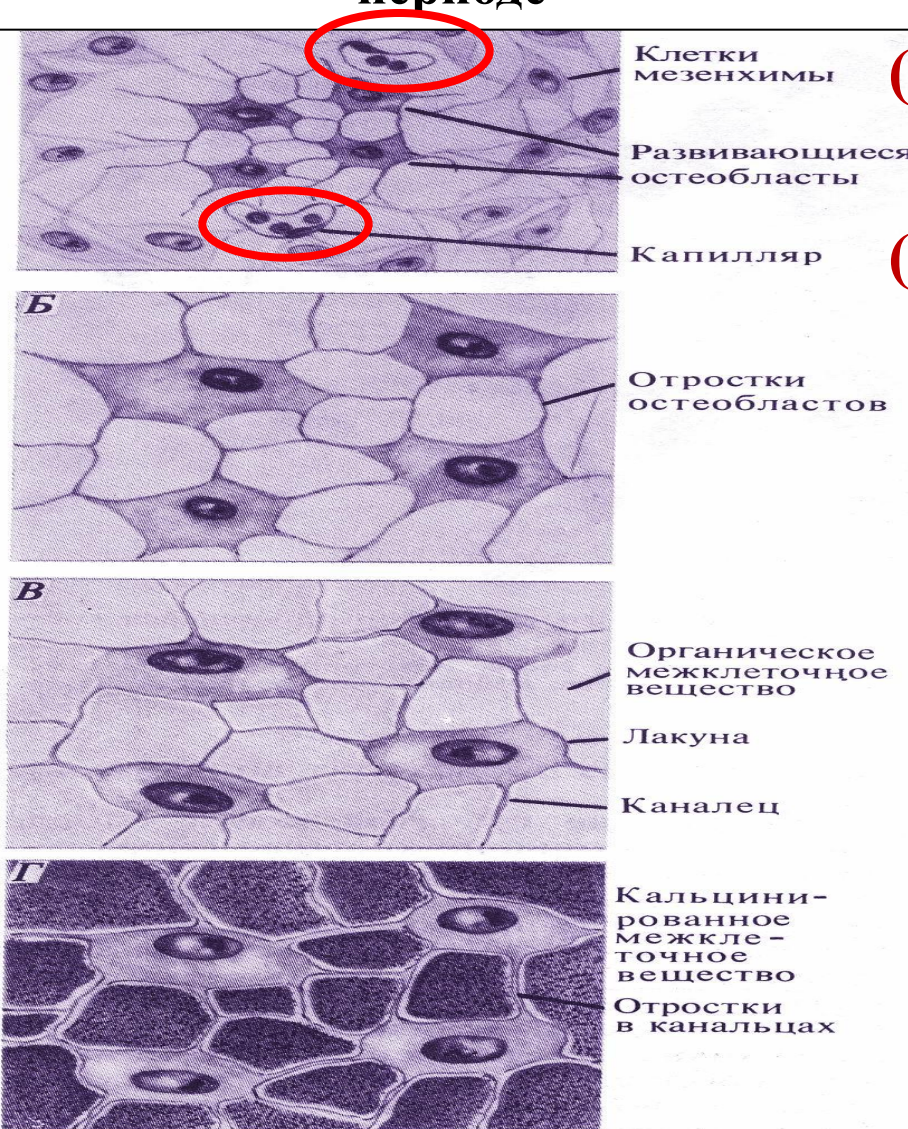


Рис. 15-5. Схема интрамембранного образования кости.

Матрикс КТ формируется поэтапно, путём наработки остеогенными клетками:

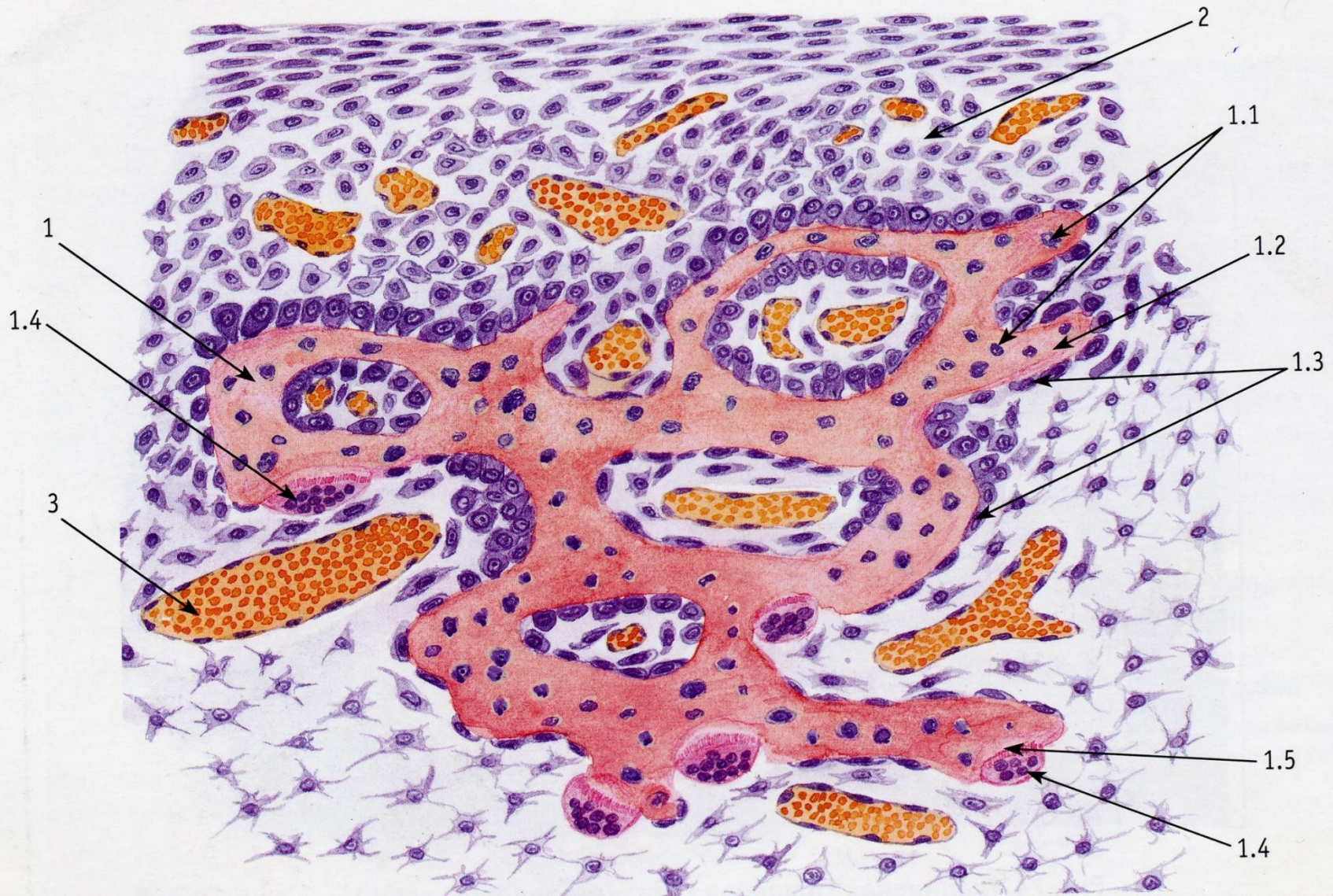
(1) органического матрикса («остеогенных островков») с последующей
(2) минерализацией = коллагеновых волокон.

- Условием «**остеобластической**» дифференциации мезенхимы является **ПОВЫШЕННАЯ** оксигенация:
- Поэтому остеогенез всегда происходит **вБЛИЗИ** от **кровеносных сосудов**.

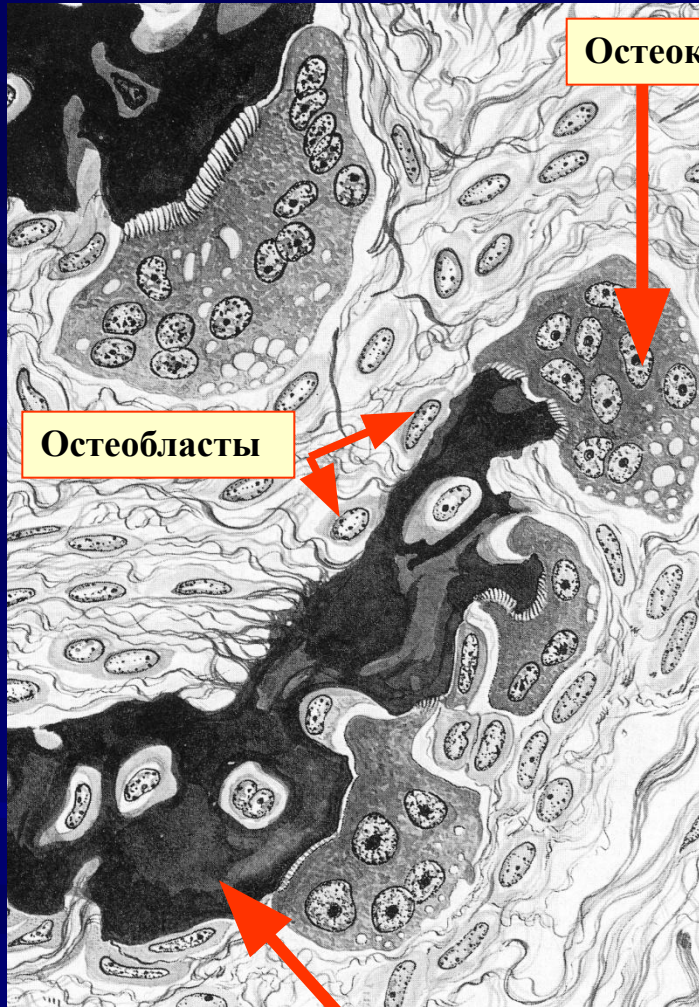
Остеогенез: локализация клеток



Формирование костных балок непосредственно из мезенхимы = «прямой остеогенез»



Костная ткань: клетки



Остеокласт

Остеобласты

Костная балка = «оссеоид»

- Основные структурообразующие **клетки** костной ткани:

- 1) Остеобласты
(= механоциты);
- 2) Остеокласты
(= макрофаги).

Костная ткань: КЛЕТКИ

- **КТ** ПОСТОЯННО обновляется и remodelируется
= это проявление физиологической
регенерации ткани.

- Ремоделирование кости осуществляет функциональная пара клеток:

Механоцит-Остеобласт ↔ макрофаг-Остеокласт

(их активность регулируется гормонами

щитовидной и парашитовидной желёз)

Костная ткань: физиологическая регенерация

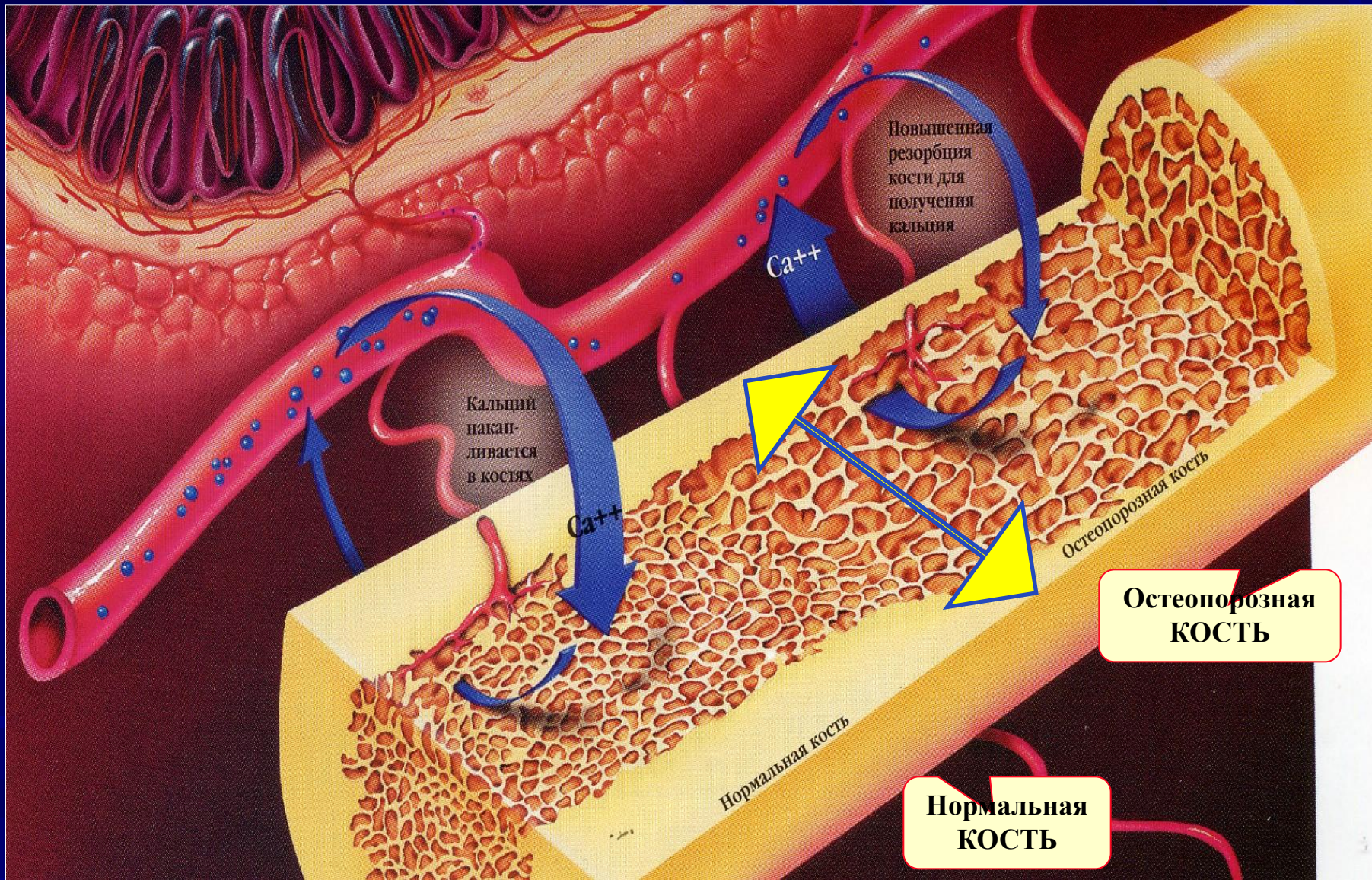
Скорость обновления КТ:

- в губчатой кости полный цикл перестройки матрикса занимает **40-45** сут.,
- в пластинчатой = более **100** сут.

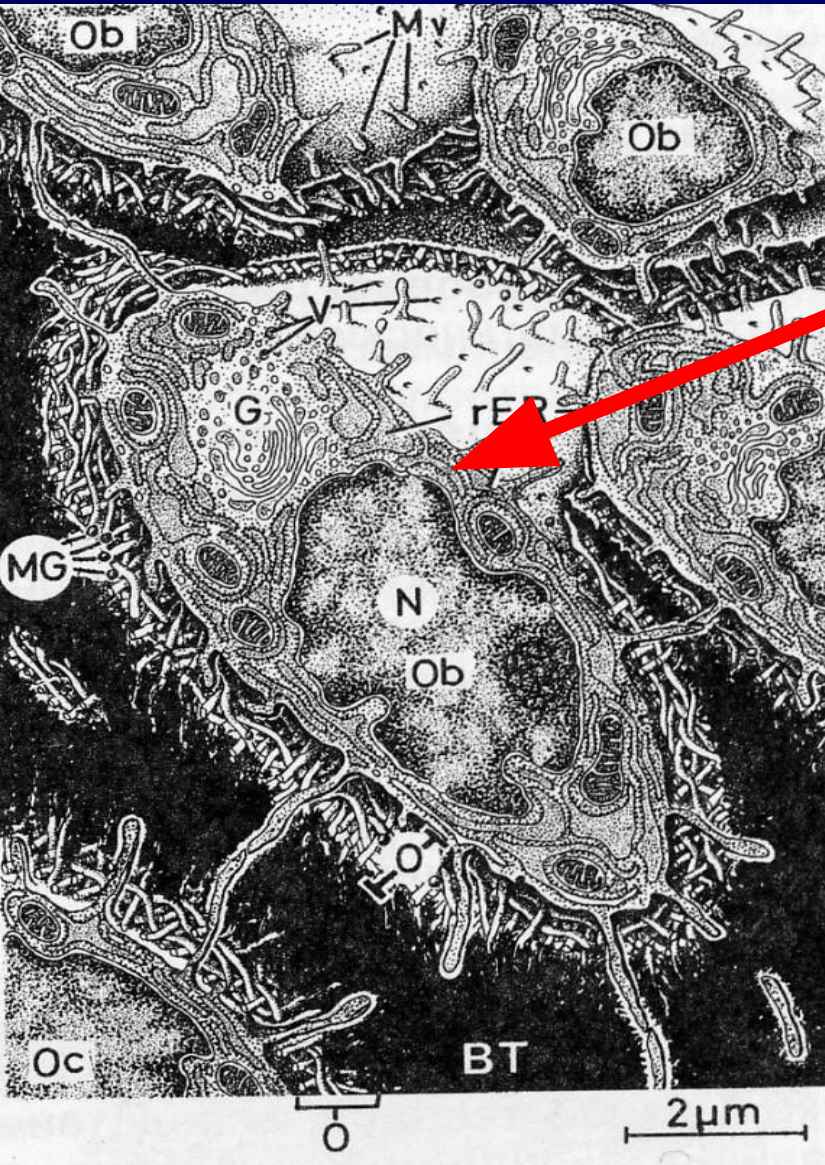


Впервые с проблемами деградации скелетных тканей врачи столкнулись во время многомесячных космических экспедиций (**функциональный остеопороз**):

- У космонавтов (через 35-40 сут.) появлялась **аномальная неустойчивость к перегрузкам.**
- **Неспособность самостоятельно ходить** после приземления.



Костная ткань : клетки остеогенные

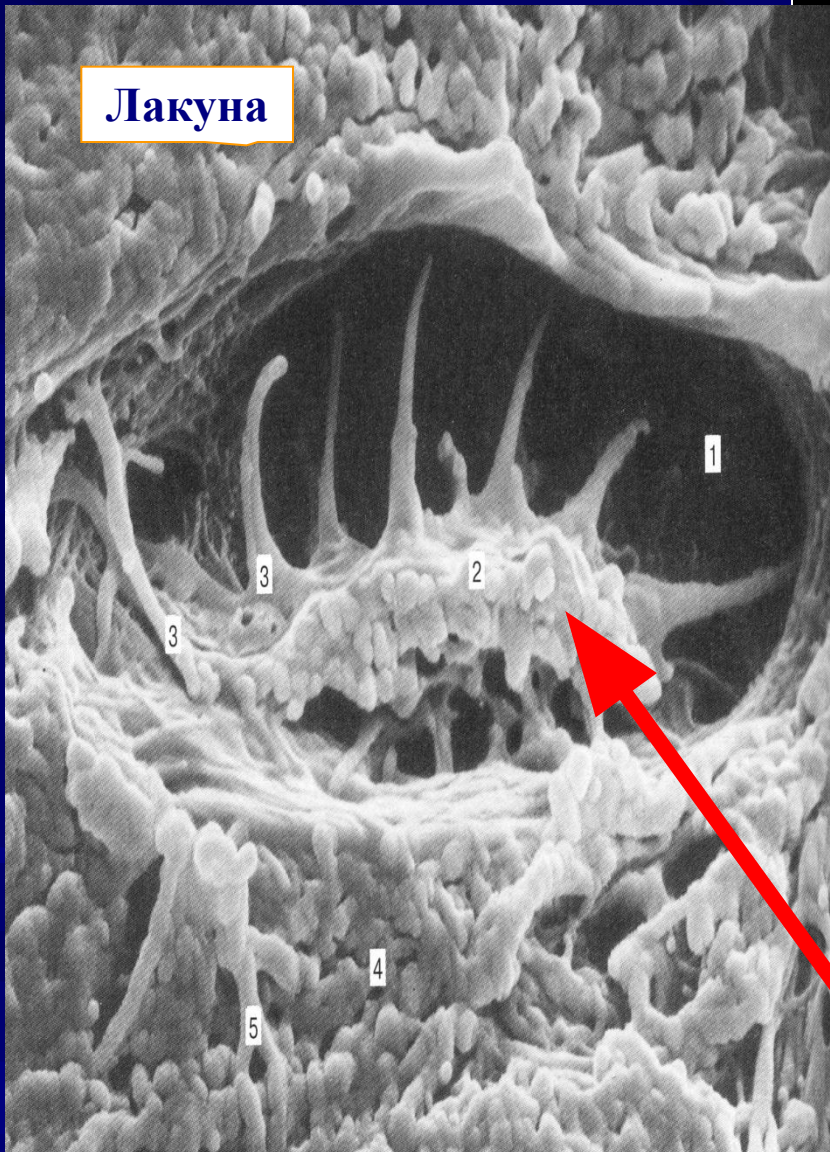


□ Наиболее активные
osteогенные клетки
= osteобласты:

□ **ОБ** находятся на
поверхности костных
пластинок (или балок);

□ Как и другие механоциты
ТОТ, остеобласты имеют
мощный белоксинтезирующий
аппарат (ЗЦС) и комплекс
Гольджи.

Костная ткань : клетки остеогенные



□ Новообразованный костный матрикс откалывается

вокруг клеток и

«замуровывает!» их,

образуя новую

пластинку;

Непосредственно вокруг тела

клеток формируется «лакуна»,

где остеобласты снижают

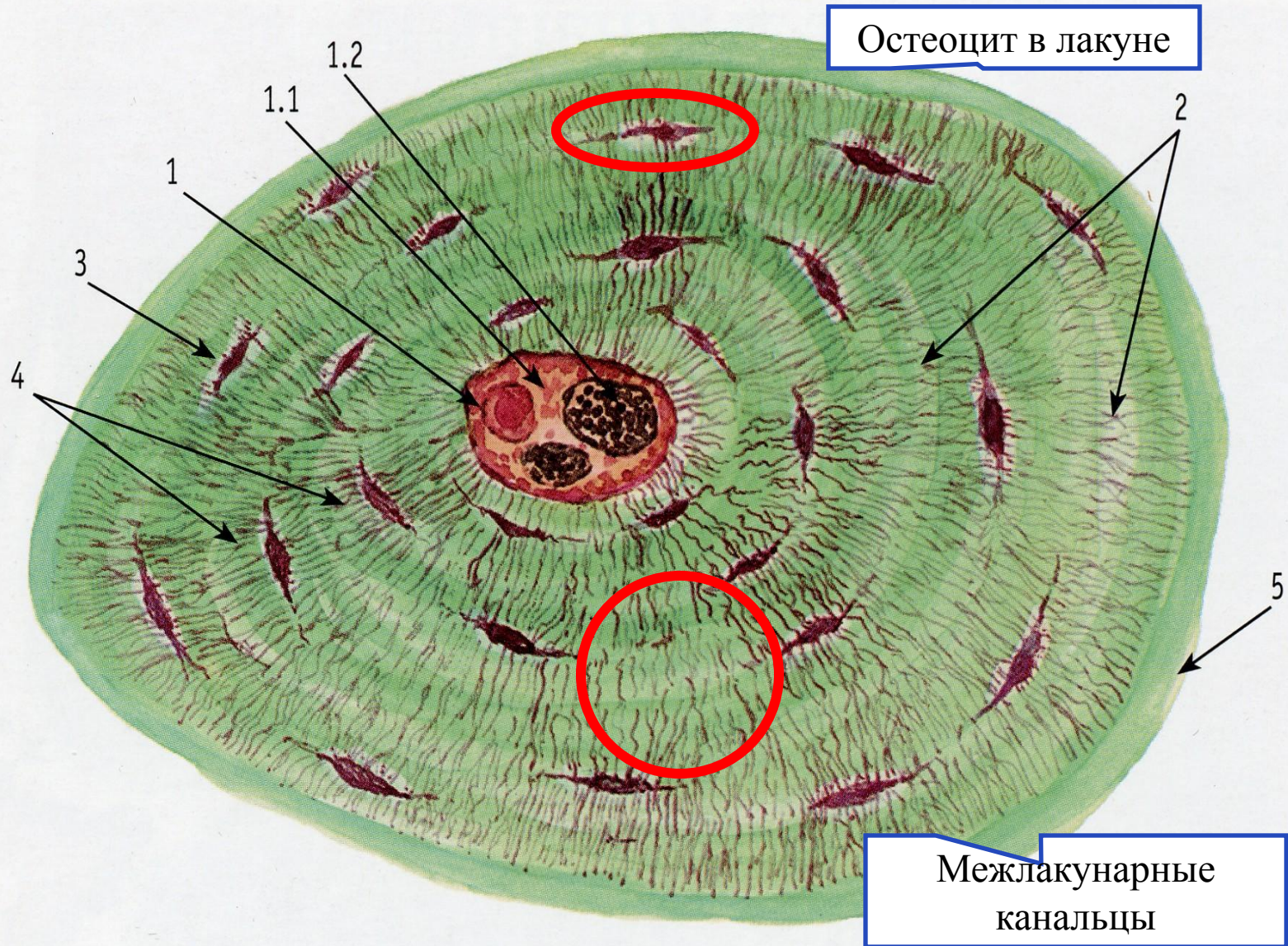
свою активность,

превращаясь в относительно

весьма пассивные клетки

«остеоциты».

Упорядоченное расположение остеоцитов в зрелой костной ткани определяет расположение костных пластинок!

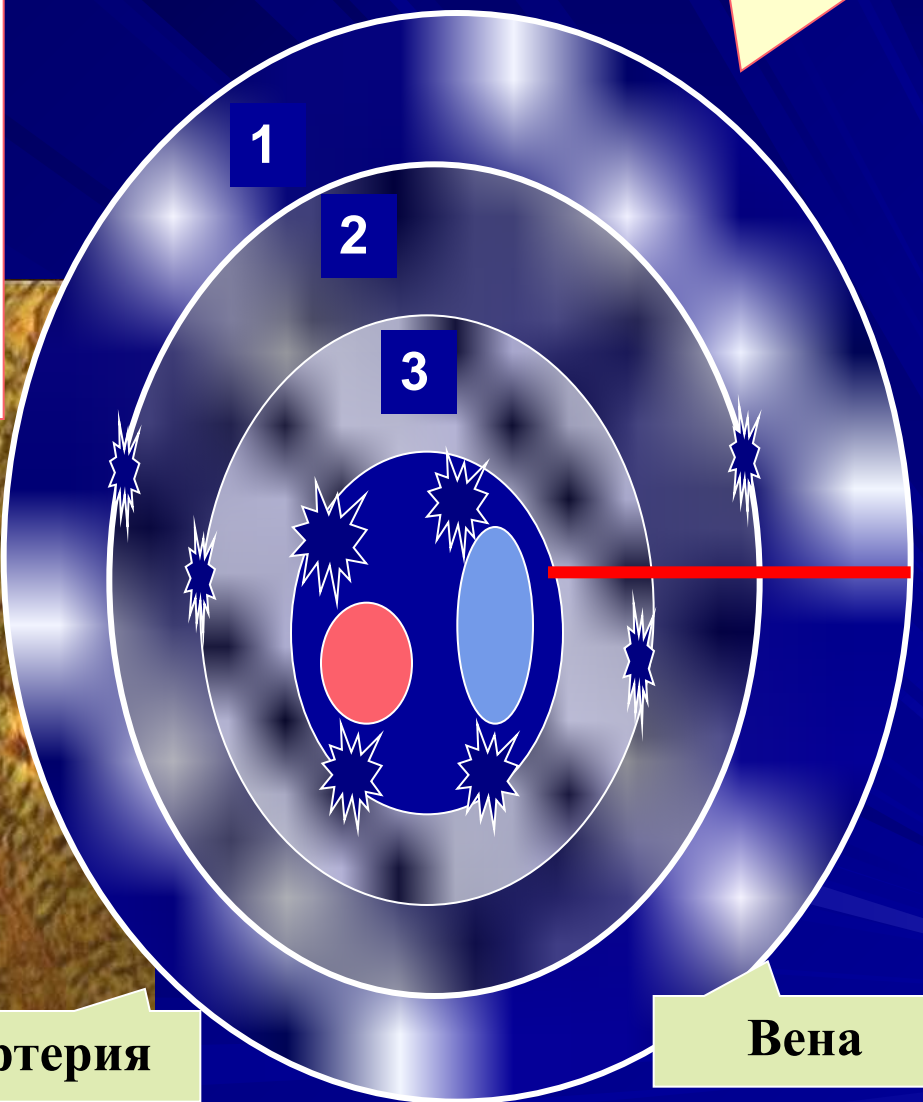


Формирование остеона начинается с дистальных пластинок = внутренний слой самый «молодой».

• На его поверхности (со стороны сосудов) лежат активные остеобласты и остеокласты.

• Тонкие коллагеновые волокна в каждой пластинке лежат под углом до 45 градусов по отношению волокнам в другой пластинке (= тонковолокнистая КТ)

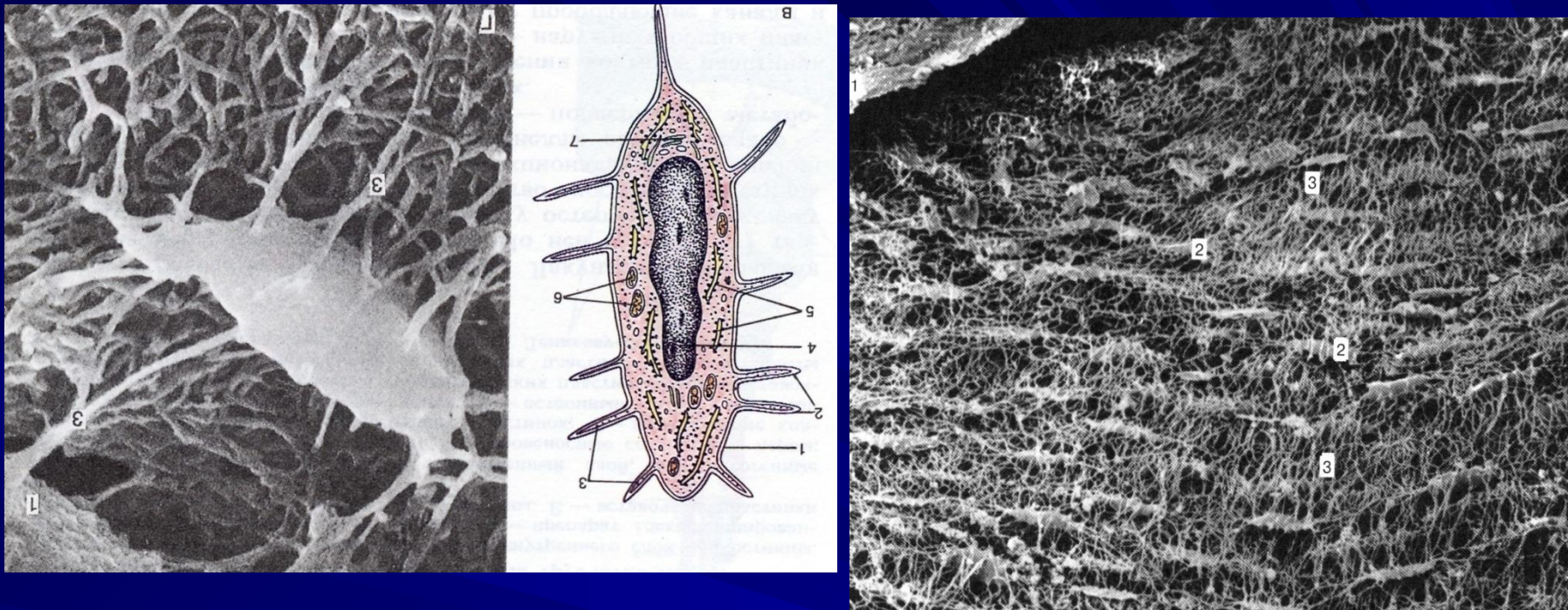
Толщина стенки остеона
→ 0,1-0,2 мм



Артерия

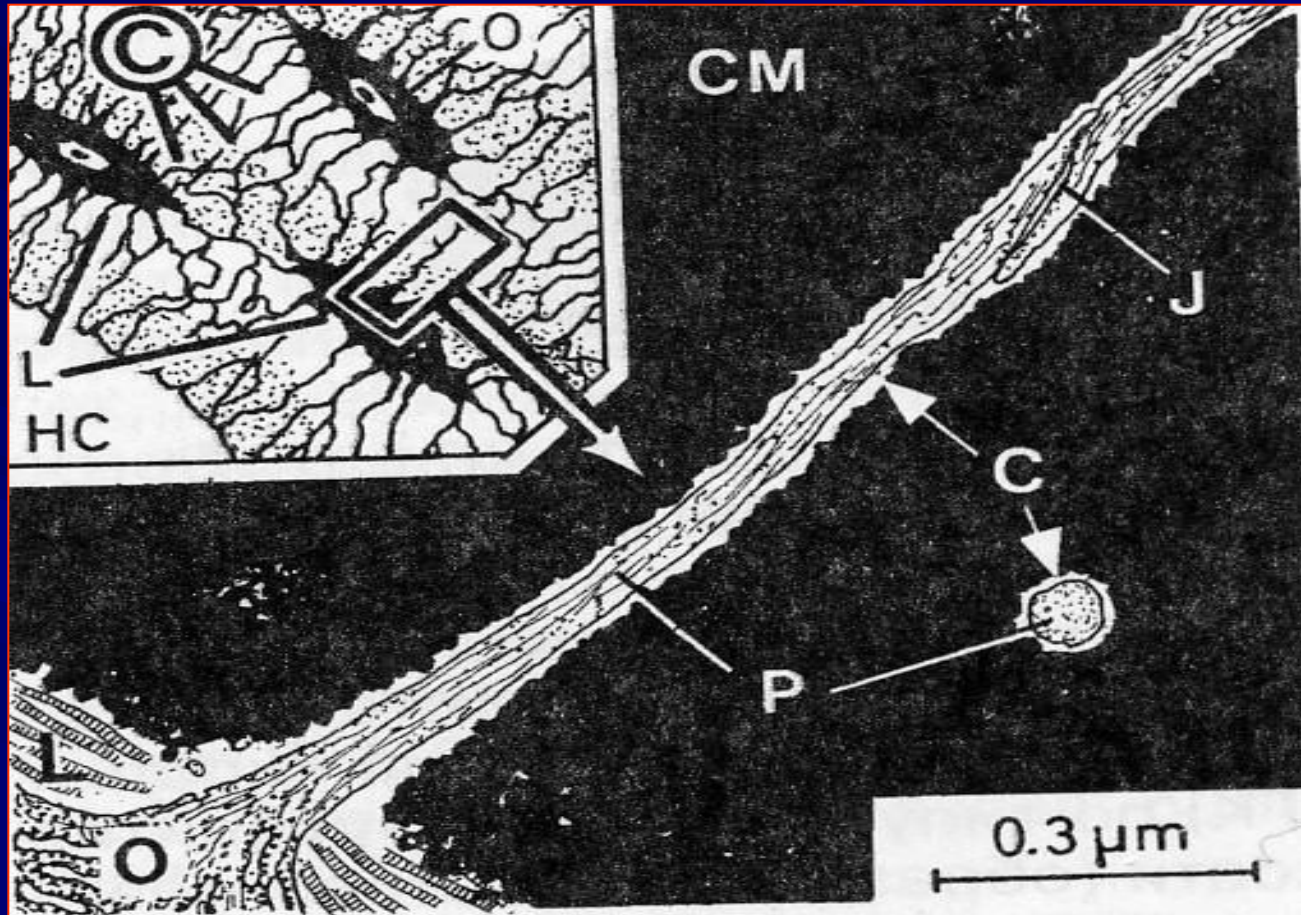
Вена

Костная ткань : КЛЕТКИ ОСТЕОГЕННЫЕ



- **Остеоциты в лакунах – это живые клетки, контролирующие свойства матрикса;**
- **Лакуны в слоях (пластинках) костной ткани соединяются друг с другом каналцами, формируя «лакунарную сеть».**

Отростки остеоцитов в лакунарных канальцах



Благодаря перистальтической активности отростков остеоцитов, через канальцы лакунарной сети постоянно перекачивается жидкость интерстиция.

Костная ткань - **минерализация**

- Физиологическая концентрация ионов Ca и P в плазме крови избыточна.
- В модели «**In vitro**» (не в нативной плазме) соли Ca и P немедленно выпадают в осадок.
- Следовательно, в плазме крови содержатся вещества, препятствующие осаждению солей = ингибиторы кальцификации (пирофосфаты, фосфанаты, дифосфанаты)

Костная ткань - минерализация

- Остеобласты и хондроциты могут секретировать ферменты, разрушающие эти ингибиторы (ферменты = в матриксных пузырьках = **пирофосфатазы, щелочную фосфатазу**)
- Если эти клетки начинают вырабатывать ферменты, разрушающие ингибиторы, то происходит запуск кальцификации.

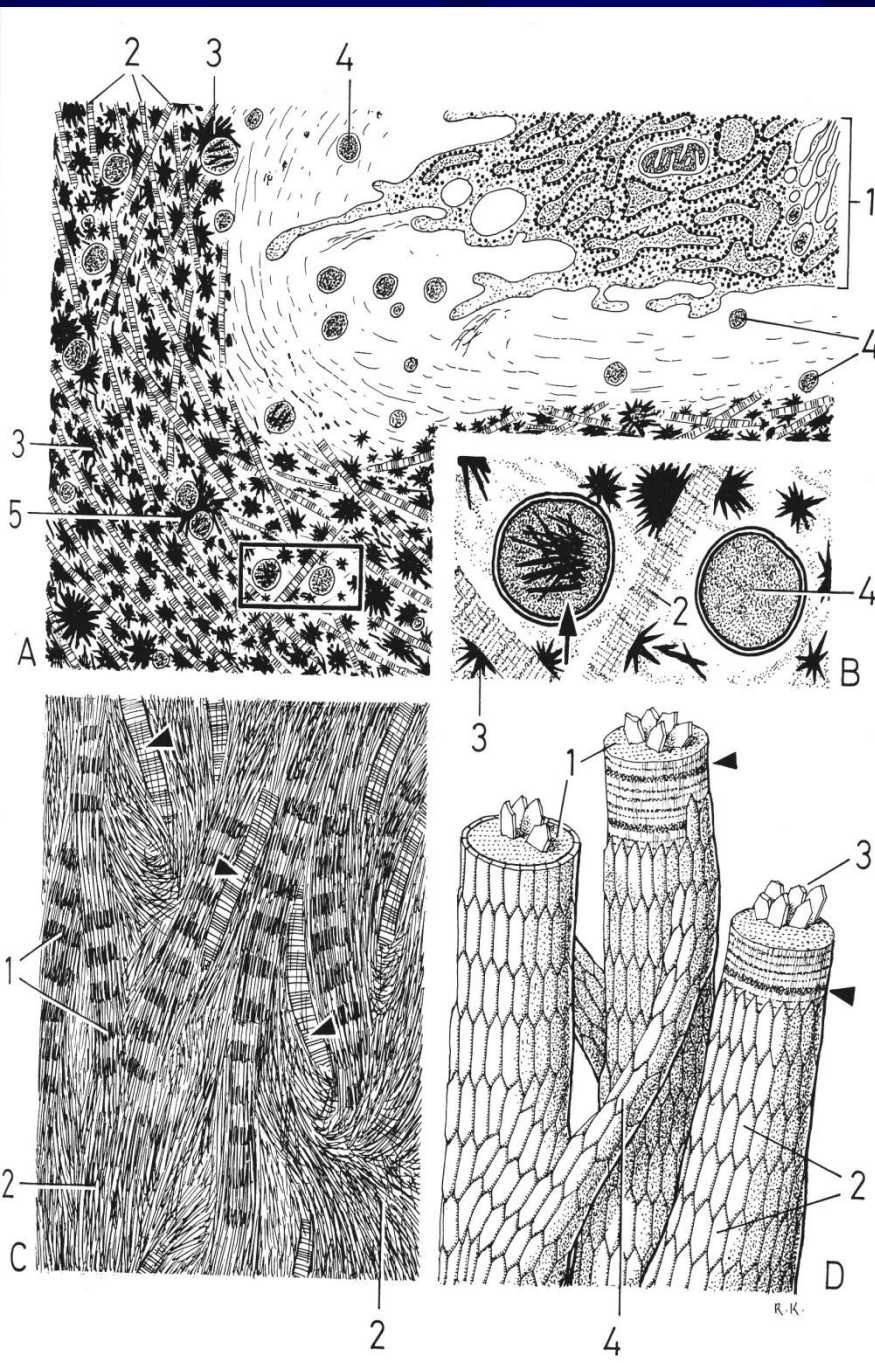
Но последствия кальцификации в костной и хрящевой ткани различны:

- Костная ткань при этом **СОЗРЕВАЕТ!**
- Хрящевая ткань – **ДЕГРАДИРУЕТ!**

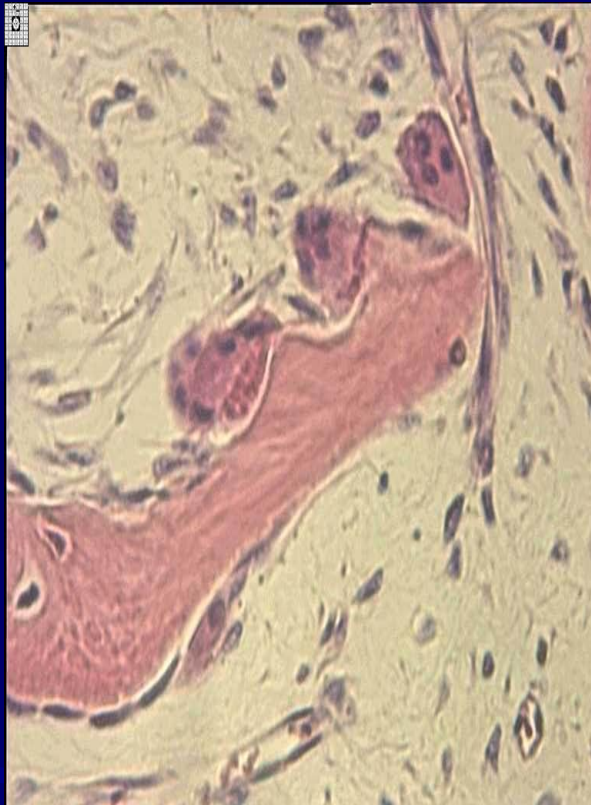
Минерализация КТ
происходит в результате
кальцификации
КОЛЛАГЕНОВЫХ ВОЛОКОН в
составе матрикса.

«**Прямая**» - происходит путём
осаждения кристаллов
гидроксиапатита прямо
в волокнах:

- **Сначала** в **промежутках**
между «хвостами» и
«головками»
тропоколлагена волокон
- **Затем** = **на поверхности**
волокон



Костная ткань :
клетки
остеолитические



Остеокласты — разрушают
органический костный матрикс.

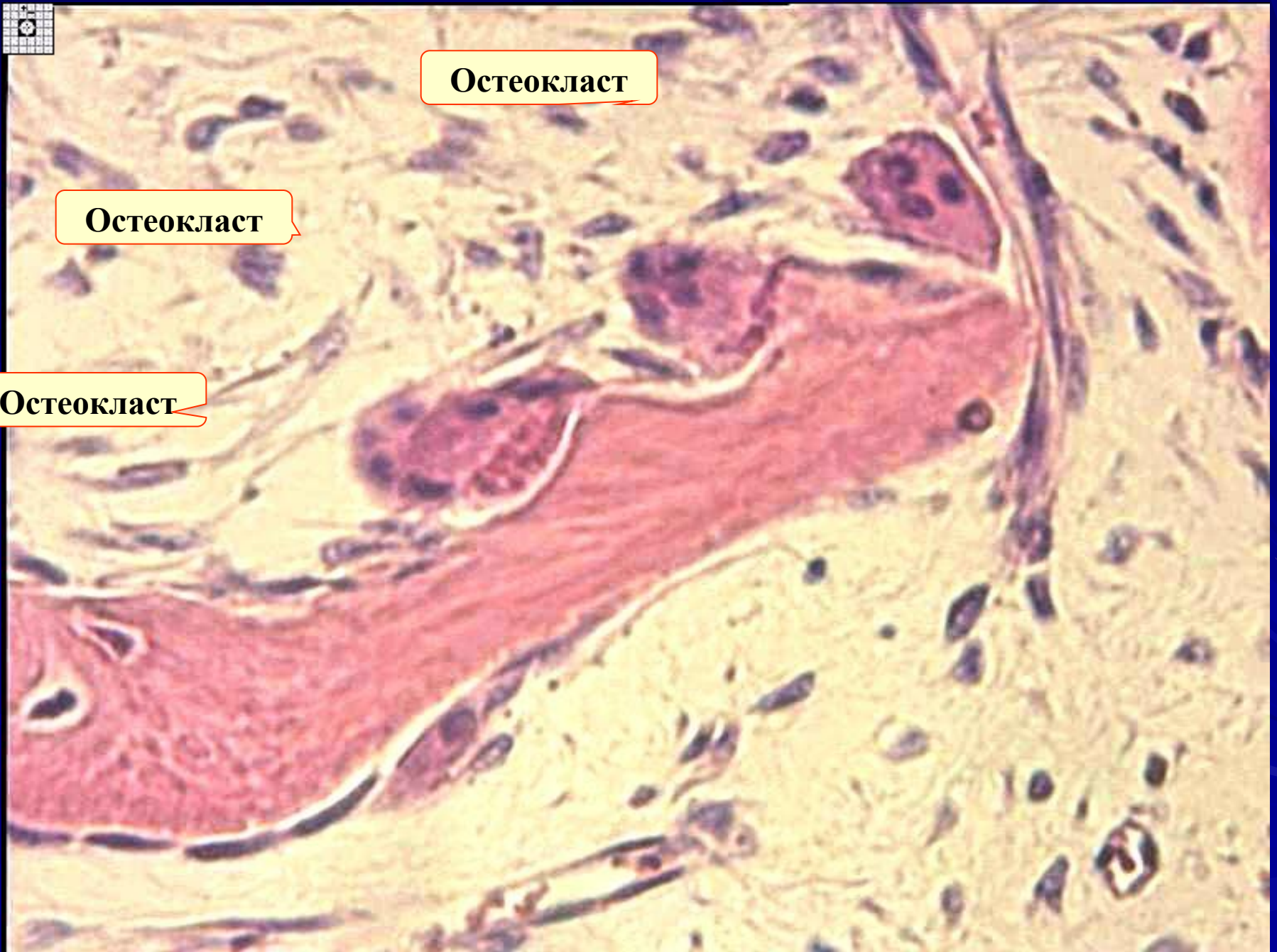
- **ОК** = крупные многоядерные (от 5 до 100 ядер) клетки с оксифильной цитоплазмой.
- Располагаются **ОК** только на поверхности костных балок в углублениях, называемых “нишами резорбции” (или лакунами Хаушипа).
- Принадлежат к СМФ = это макрофаги.
- Формируются из моноцитов путём их слияния (объединения).



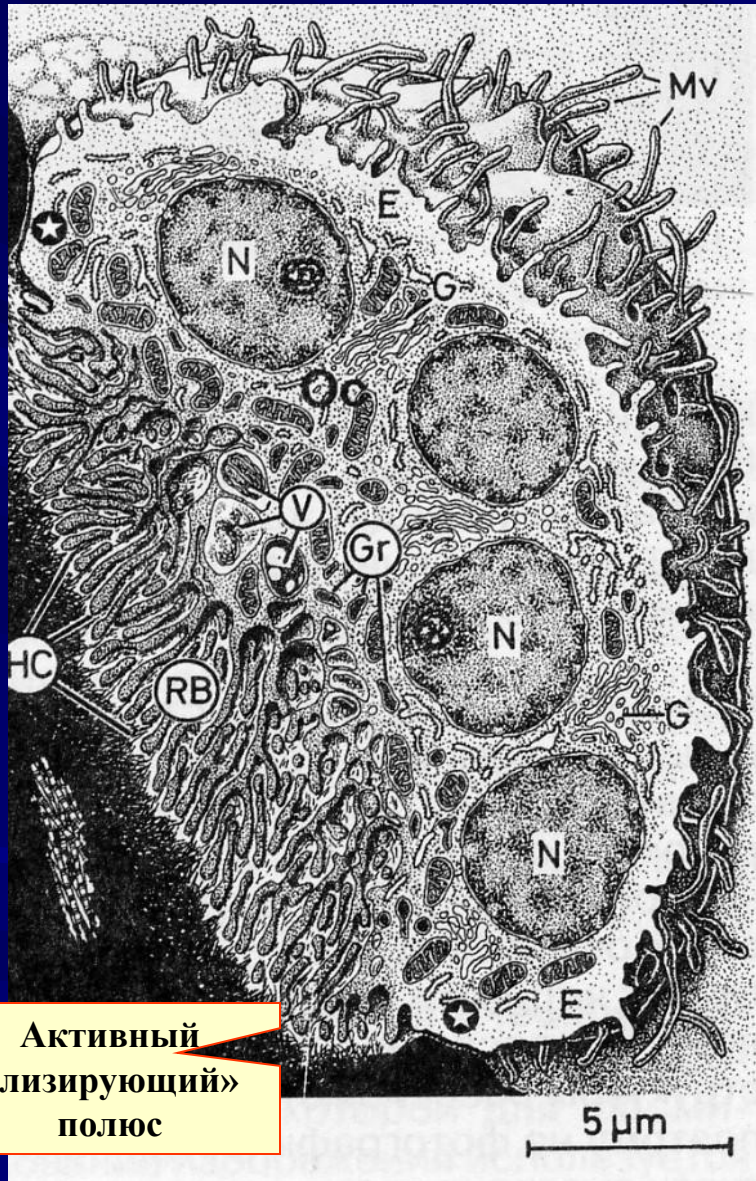
Остеокласт

Остеокласт

Остеокласт



Костная ткань : клетки остеолитические

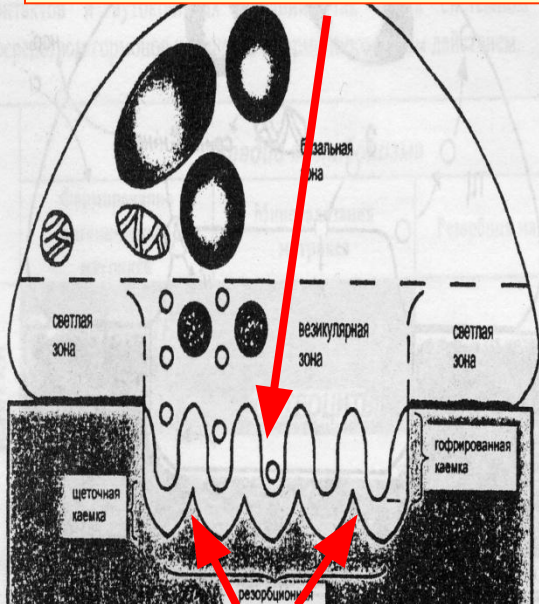


Активный
«лизирующий»
полюс

- **ОК** обладают полярностью = имеют «лизирующий полюс» со стороны лакуны.
- На поверхности **ОК** образует «гофрированную каймку», видимую лишь в электронный микроскоп.
- Над каймой находится везикулярная зона пузырьков и лизосом
- Ближе к ядрам располагается базальная зона, где расположены — комплекс Гольджи, митохондрии и ЗЦС.

Костная ткань : клетки остеолитические

Гофрированная кайма **ОК**
(ультраструктура)



Щётчатая кайма лакуны
(видна в световом микроскопе)

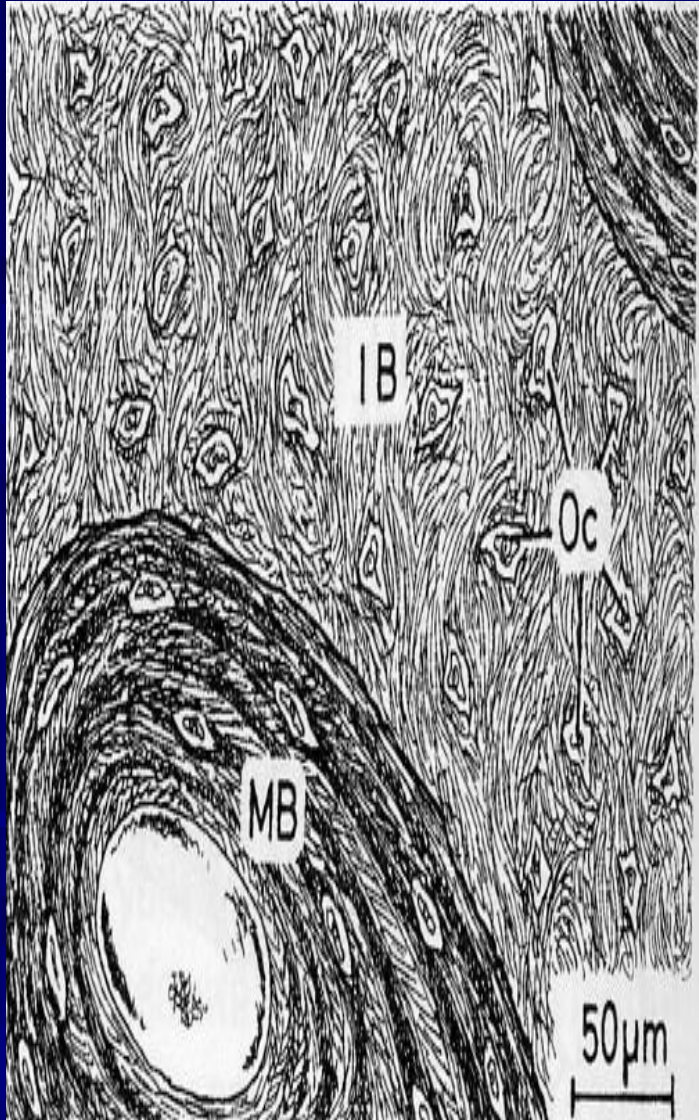
- В области контакта тела **ОК** с краем лакуны образуется прикрепляющий пояс (светлая зона), благодаря которому полость ниши изолируется от окружающего вещества.
- Внутри такого замкнутого пространства **pH** всегда понижается (место активного лизиса кости).
- В полость лакуны **ОК** секретируют кислые лизосомальные ферменты
 - ▶ матрикс кости разрушается.

Костная ткань - незрелая

Ретикулофиброзная КТ “незрелая” (провизорная)

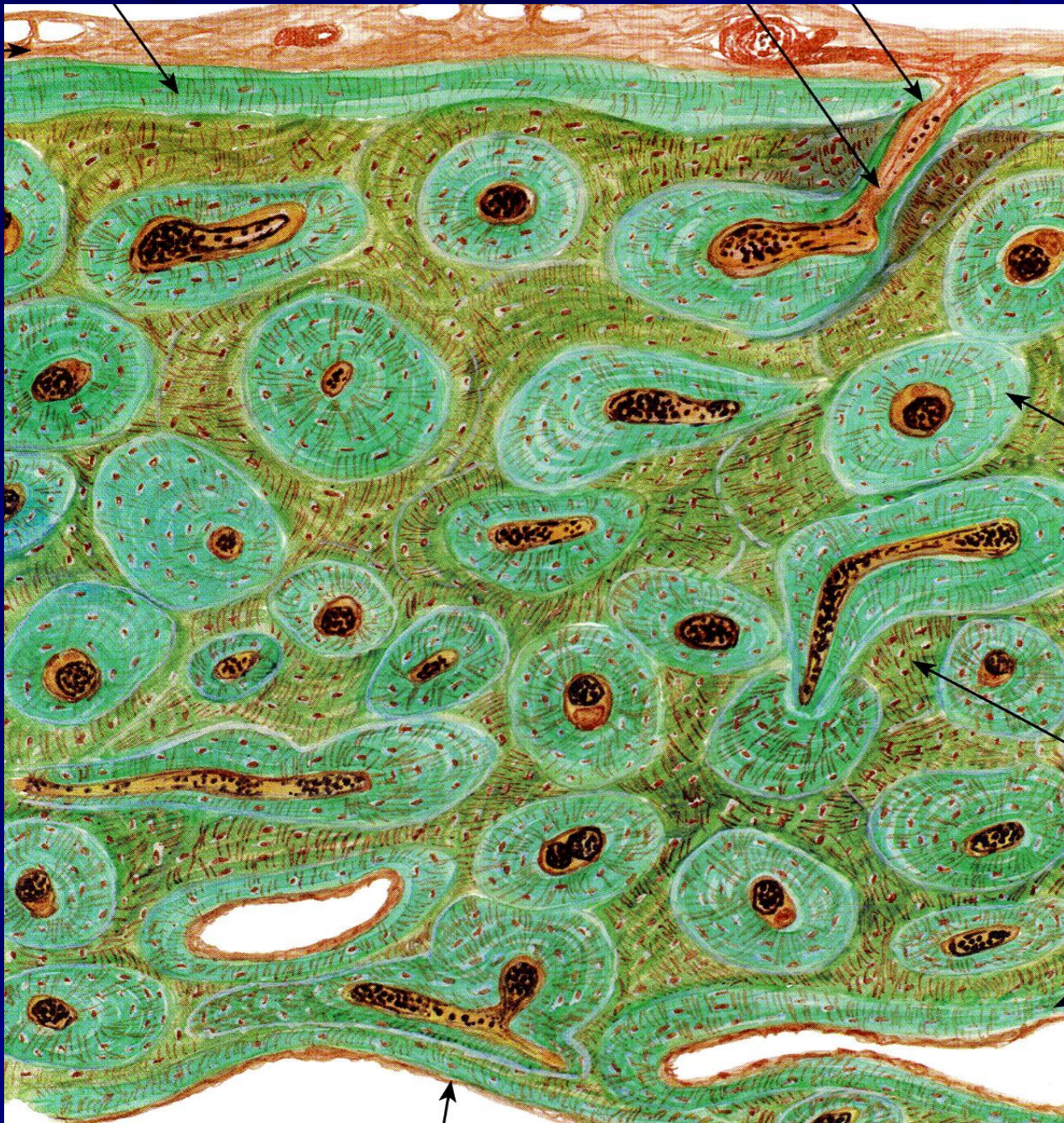
- Структурные единицы – только **трабекулы**;
- Формируется с большой скоростью;
- Механическая прочность **невысокая**.

Костная ткань - незрелая



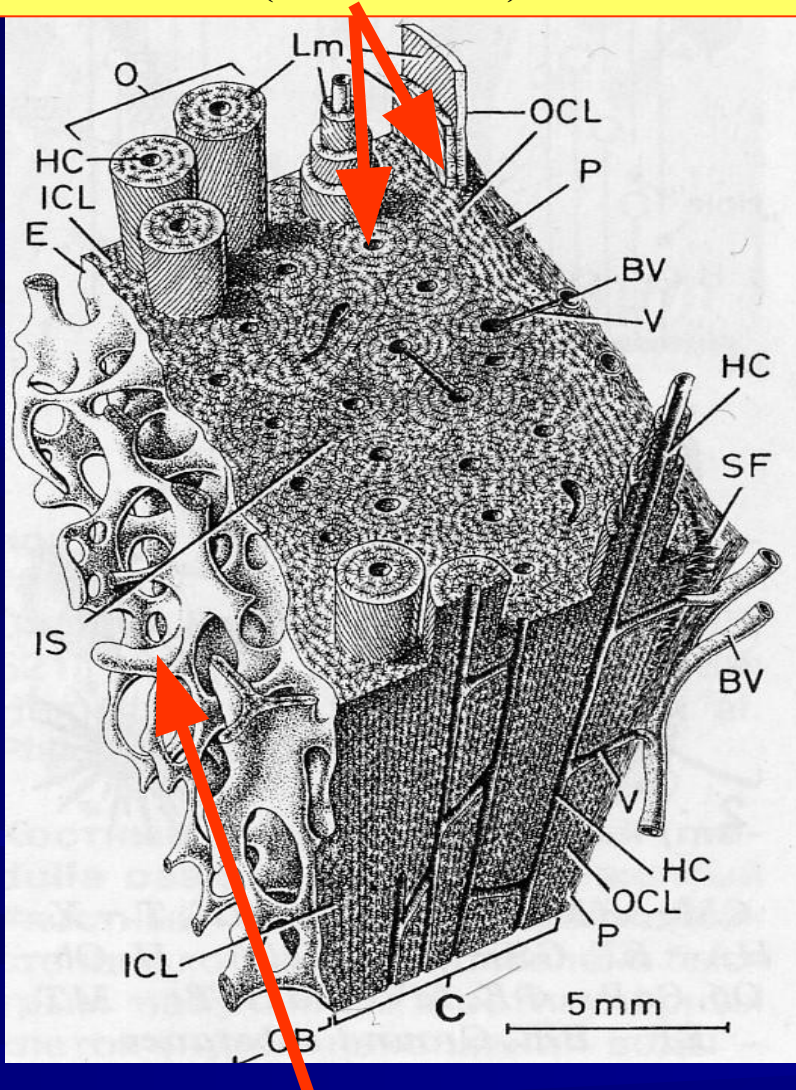
Характеризуется:

- (А) небольшой минерализацией матрикса,
- (Б) наличием в нём грубых, неориентированных пучков коллагеновых волокон,
- (В) большим количеством остеоцитов, замурованных в вытянутые лакуны, которые не имеют закономерной ориентации.



Костная ткань - зрелая

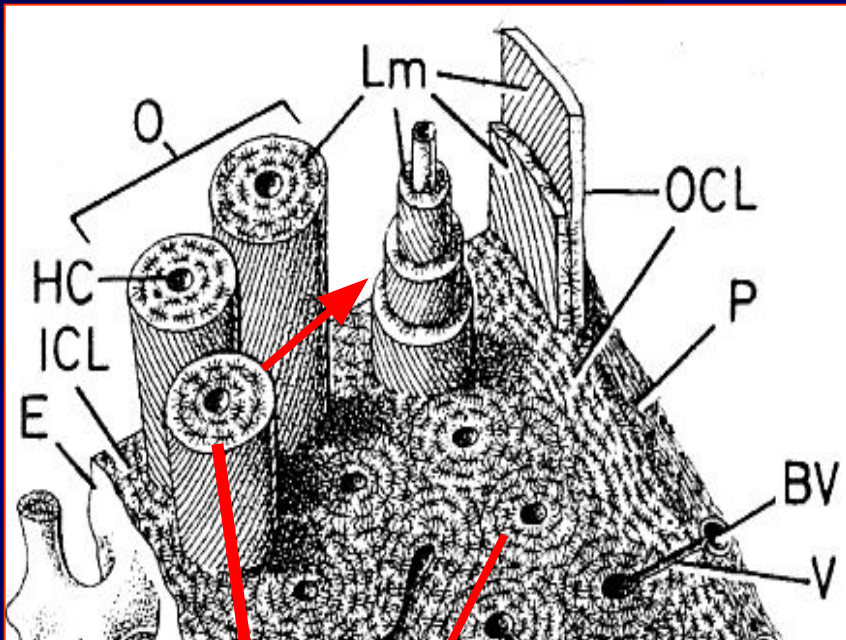
Пластинчатая (компактная) часть кости



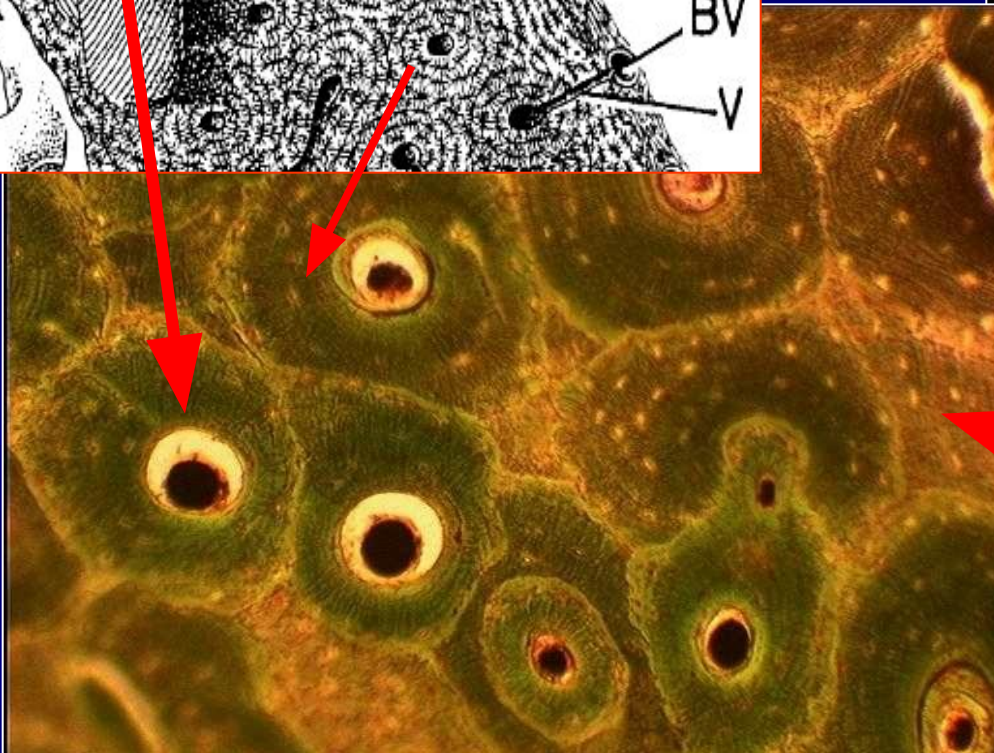
Губчатая часть кости (балки)

1. **Пластинчатая КТ (зрелая)** состоит из морфофункциональных единиц — костных Пластинок толщиной 3—10 мм.
2. Или из костных балок.
Поэтому в дефинитивных костных органах, наряду с плотными, компактными (пластинчатыми) частями, могут присутствовать лёгкие, трабекулярные (губчатые) части, содержащие в своих ячейках кроветворную ткань (миелоидную ткань).

Костная ткань - зрелая



- Вокруг кровеносных сосудов костные пластинки могут образовываться многослойные трубки — **остеоны**.



Вставочные
пластинки
(остатки старых
остеонов)

Развитие и регенерация кости

Костная ткань - зрелая

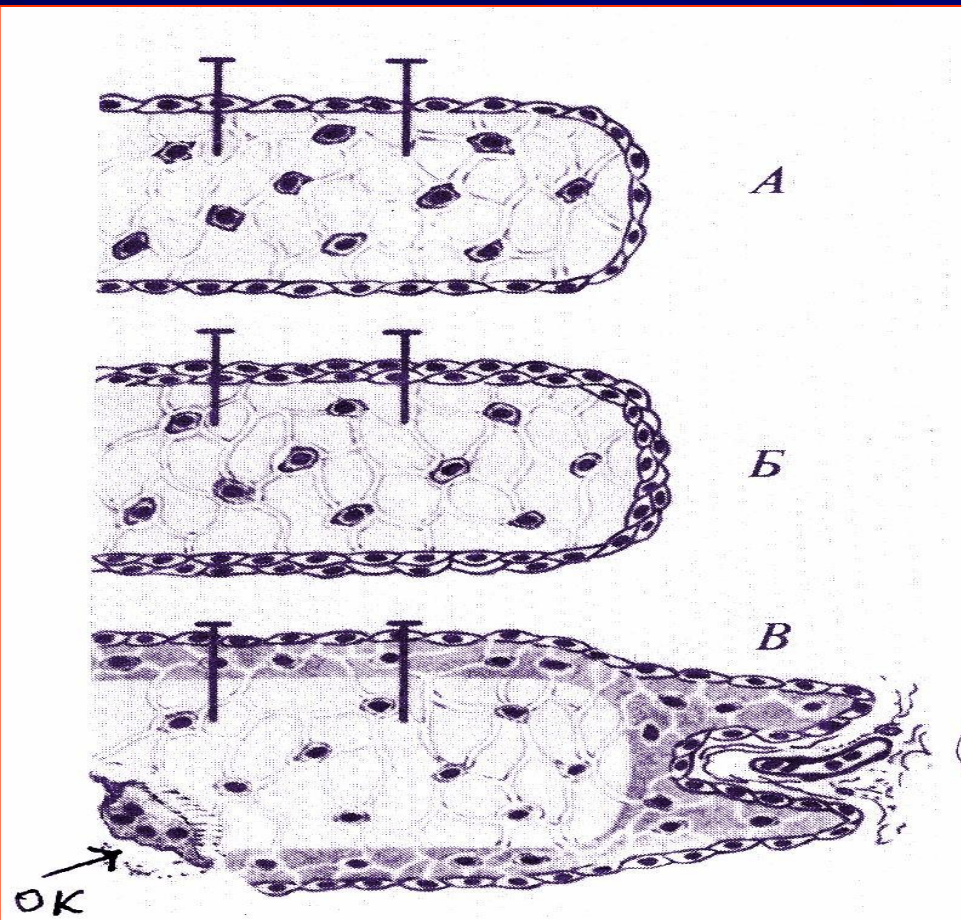


Рис. 15-8. Схема, иллюстрирующая рост кости только с помощью аппозиционного механизма (Ham. A., 1952).

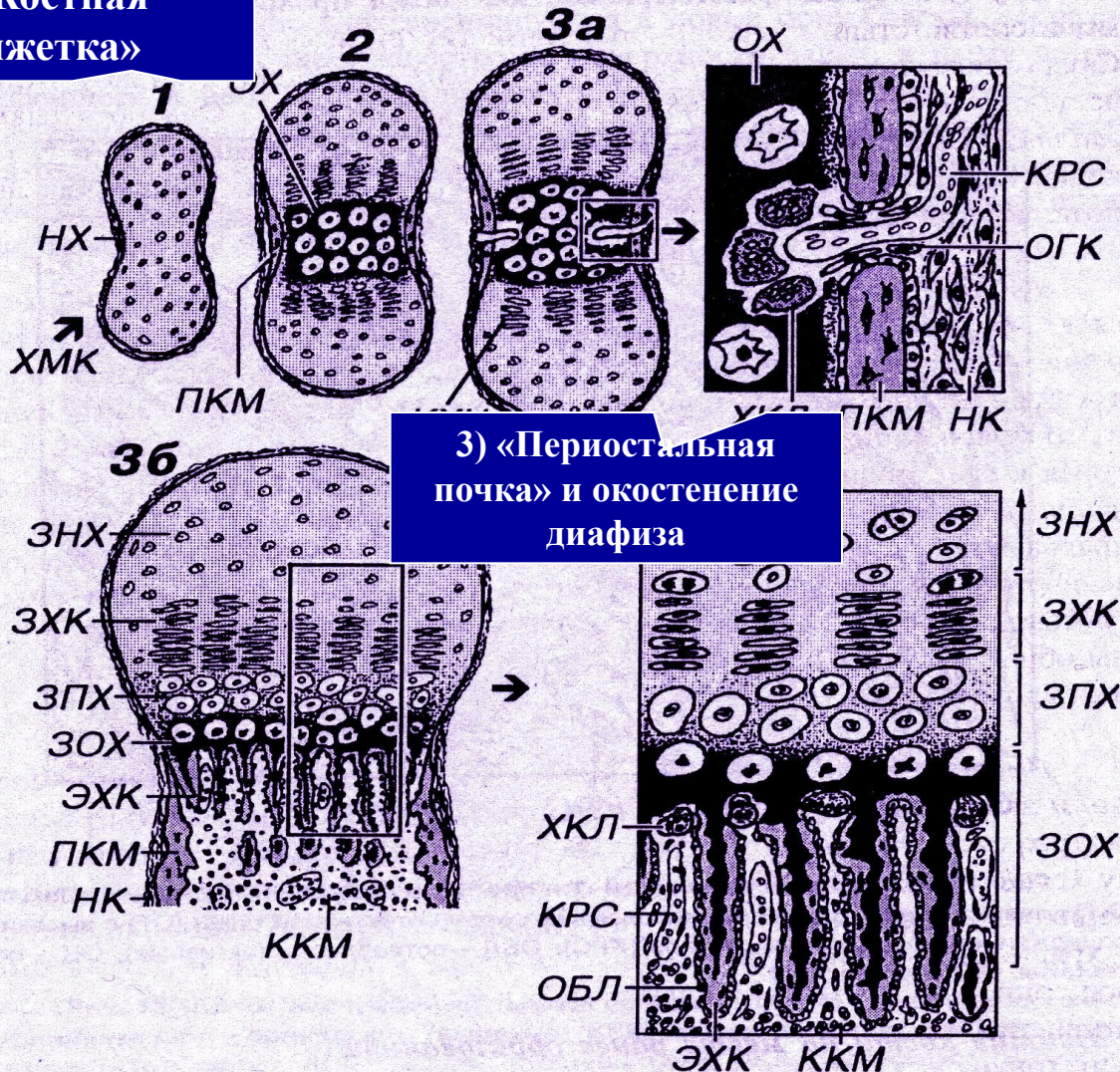
- Костные пластинки и балки растут только **аппозиционно**, то есть — снаружи и послойно.

Образование костного органа

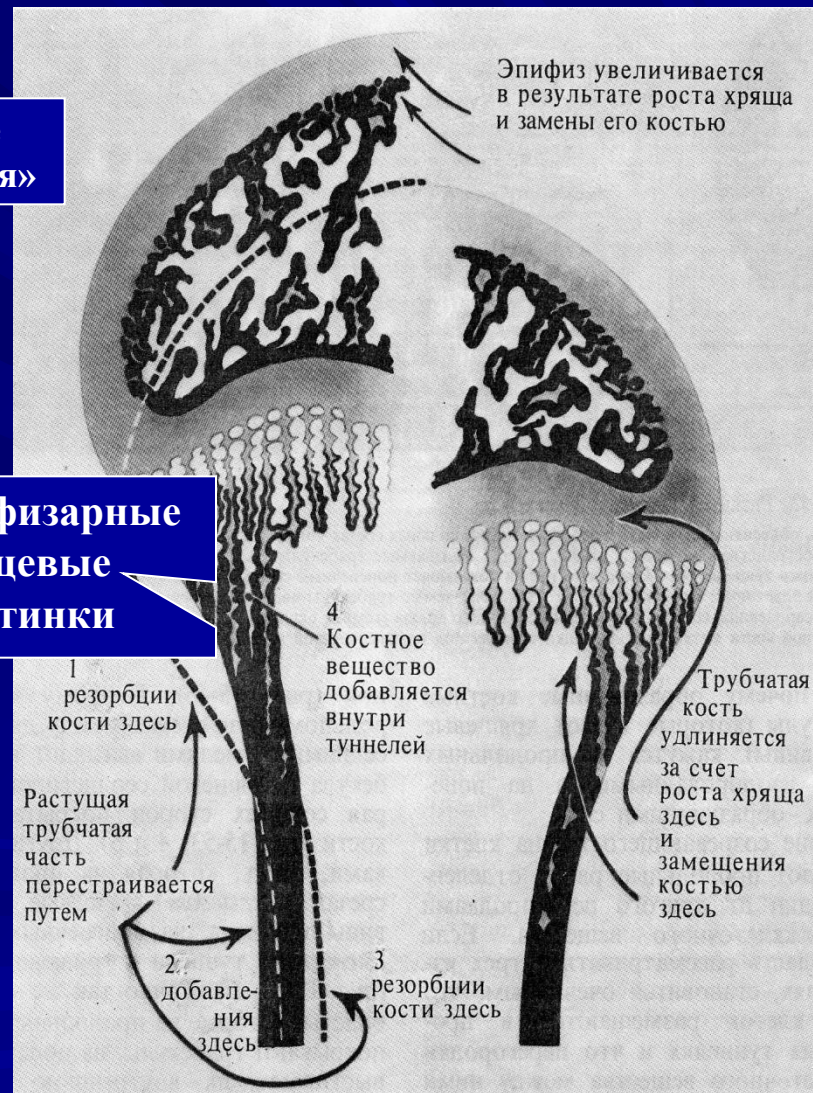
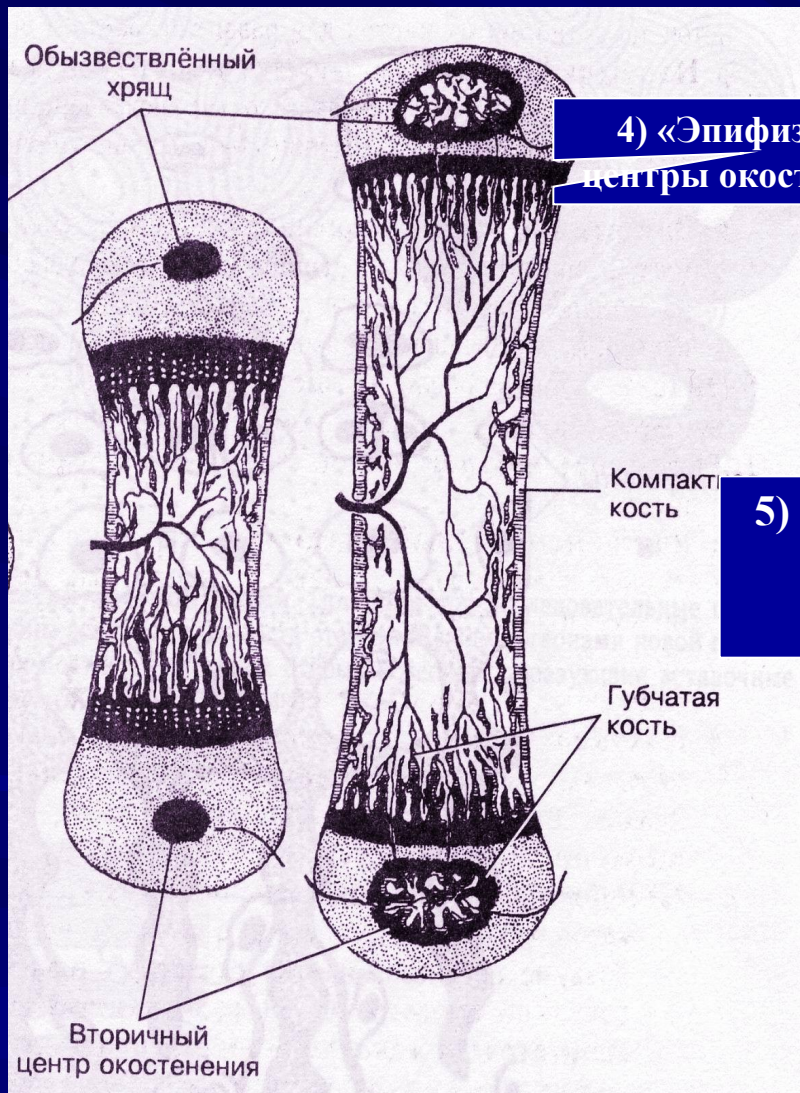
из хрящевой матрицы (начальные стадии)

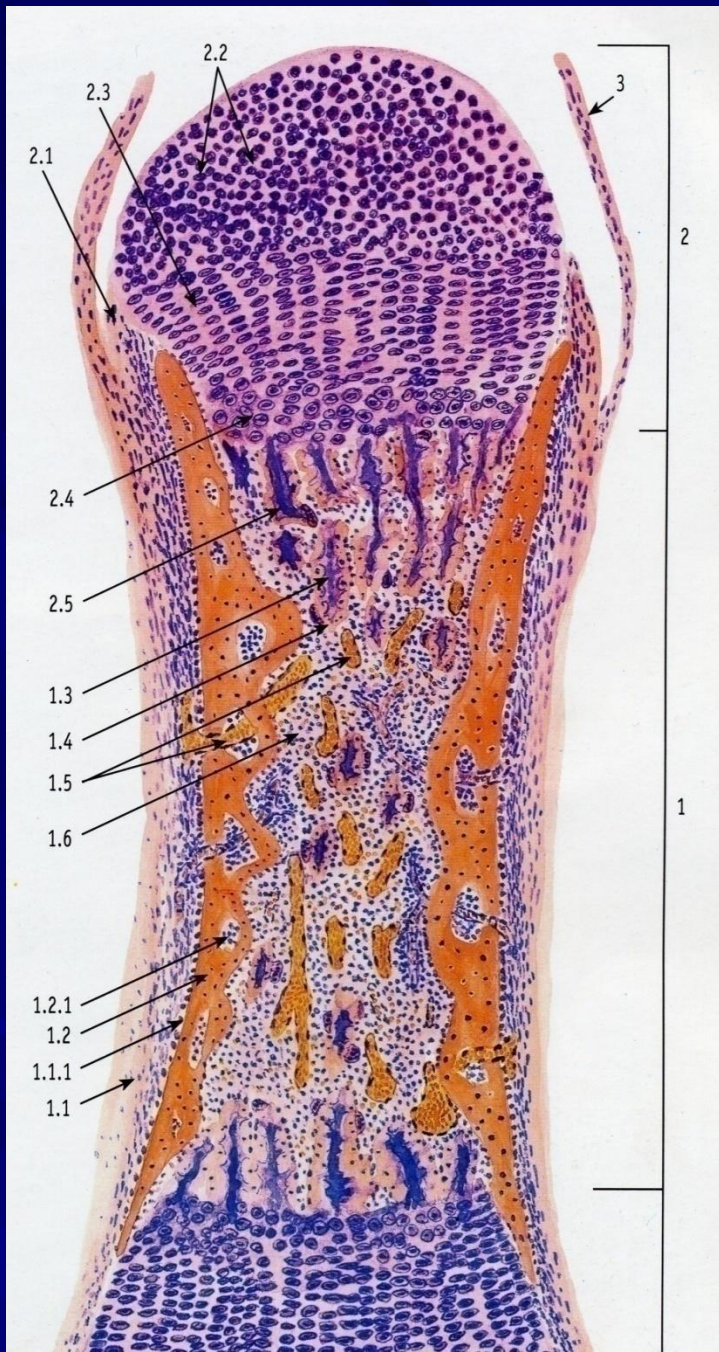
2) «Костная манжетка»

1) «Хрящевая матрица»

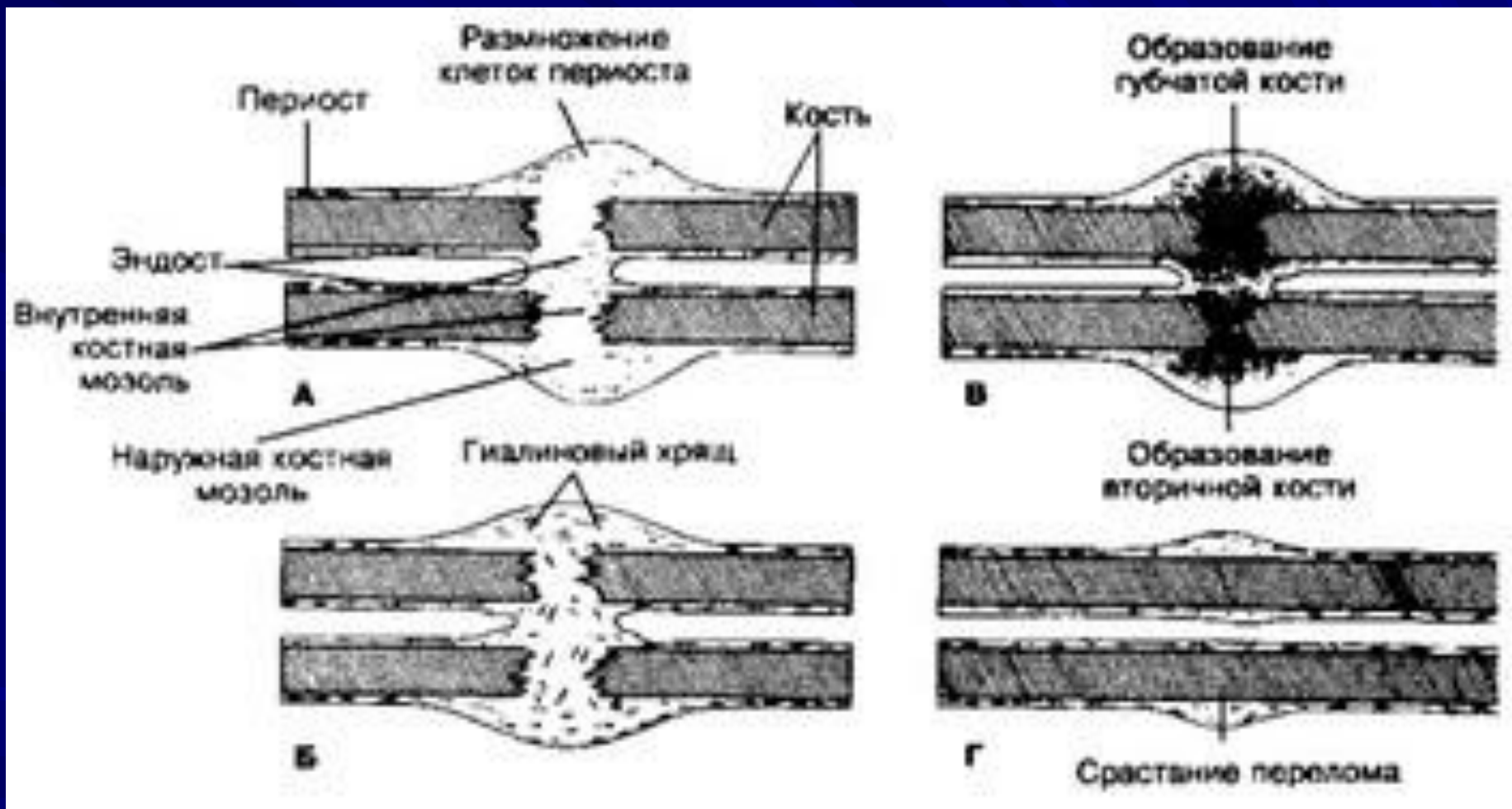


Образование костного органа из хрящевой матрицы (завершение)



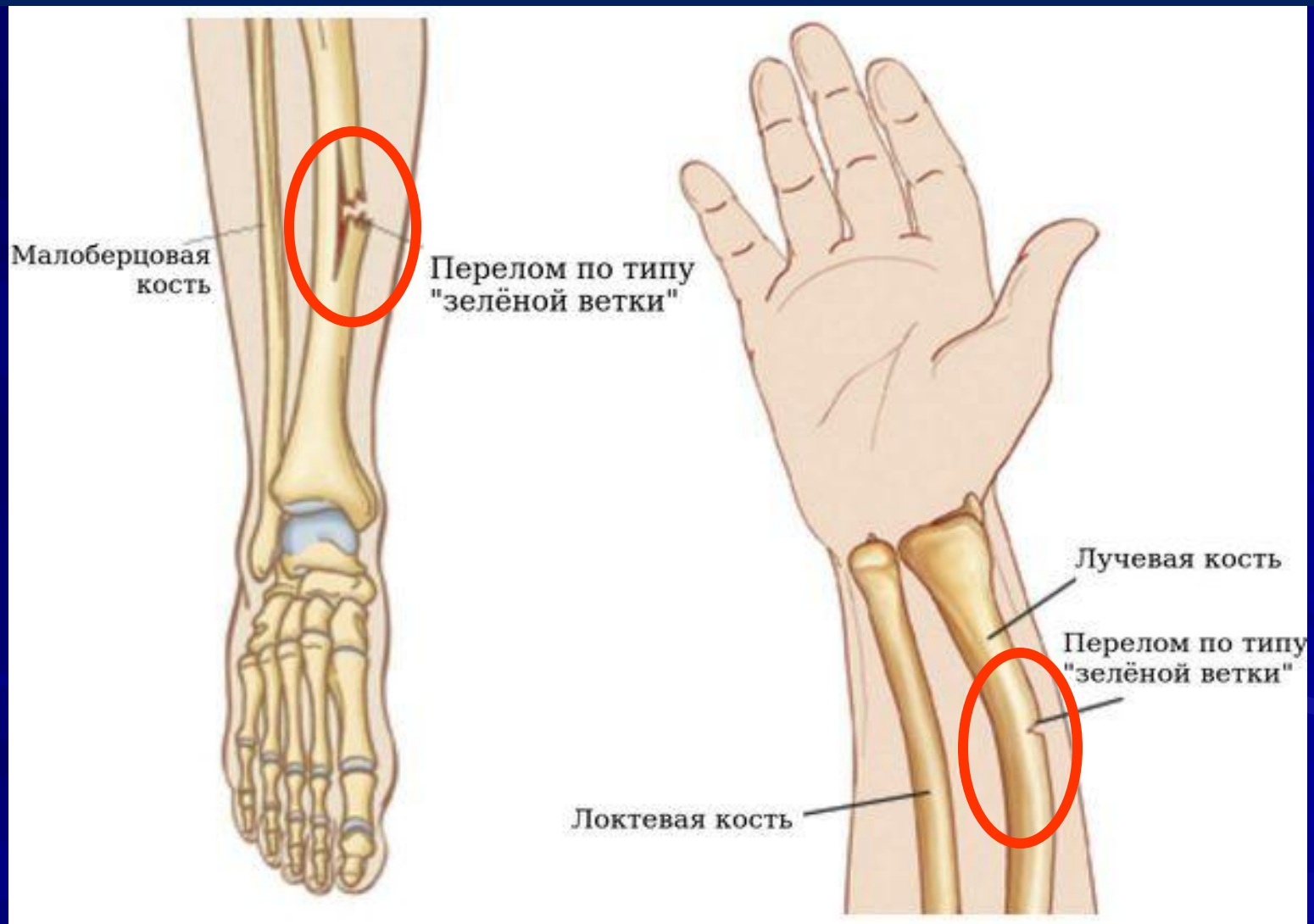


Регенерация кости при переломе



На участке перелома как бы воспроизводится непрямой остеогенез.

Особенности перелома кости у детей (зелёная ветка)



**Ткани
хрящев
ые**

Ткань хрящевая

Характеризуются:

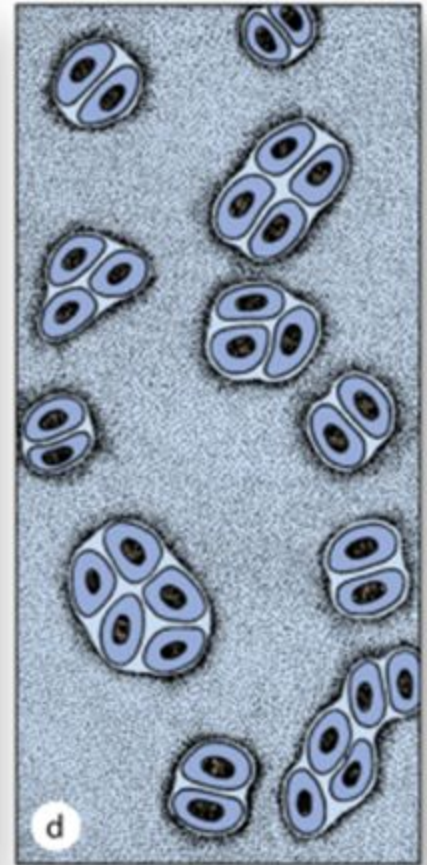
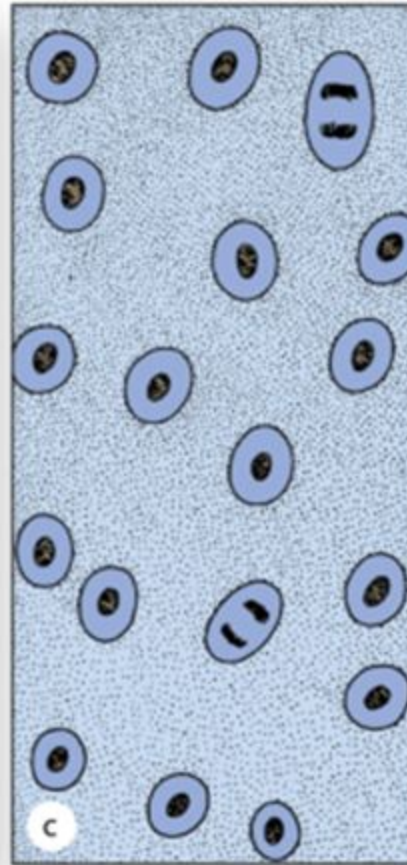
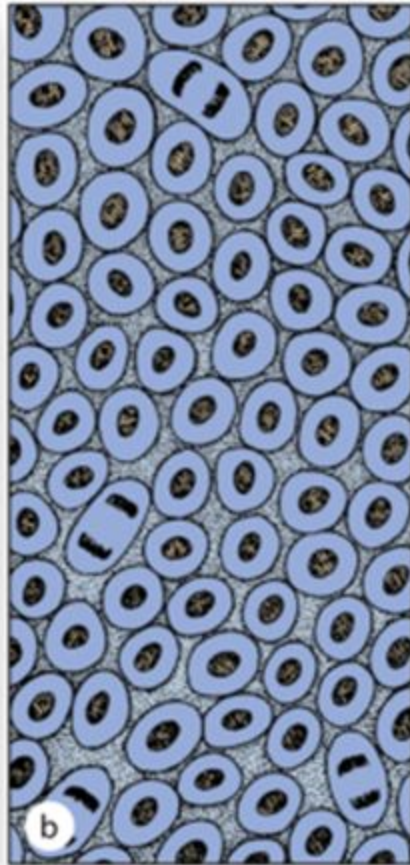
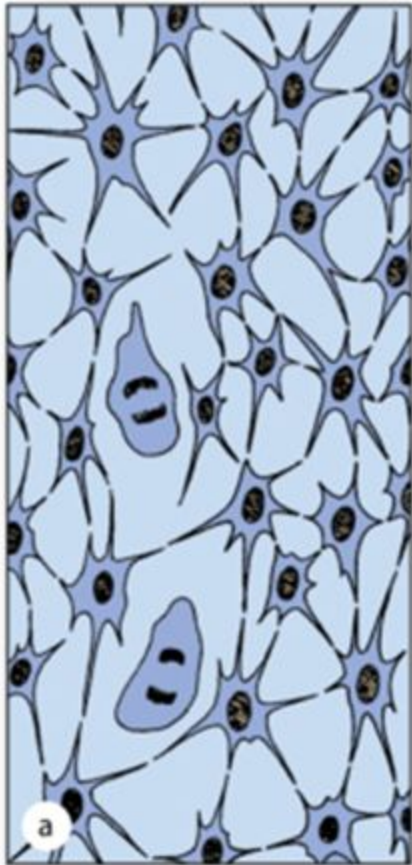
- ❑ прочностью и эластичностью матрикса,
- ❑ отсутствием кровеносных сосудов,
- ❑ сравнительно низким уровнем метаболизма,
- ❑ способностью к непрерывному росту.

Различают **три**
разновидности ХТ:

1. Гиалиновую,
2. Эластическую,
3. Волокнистую

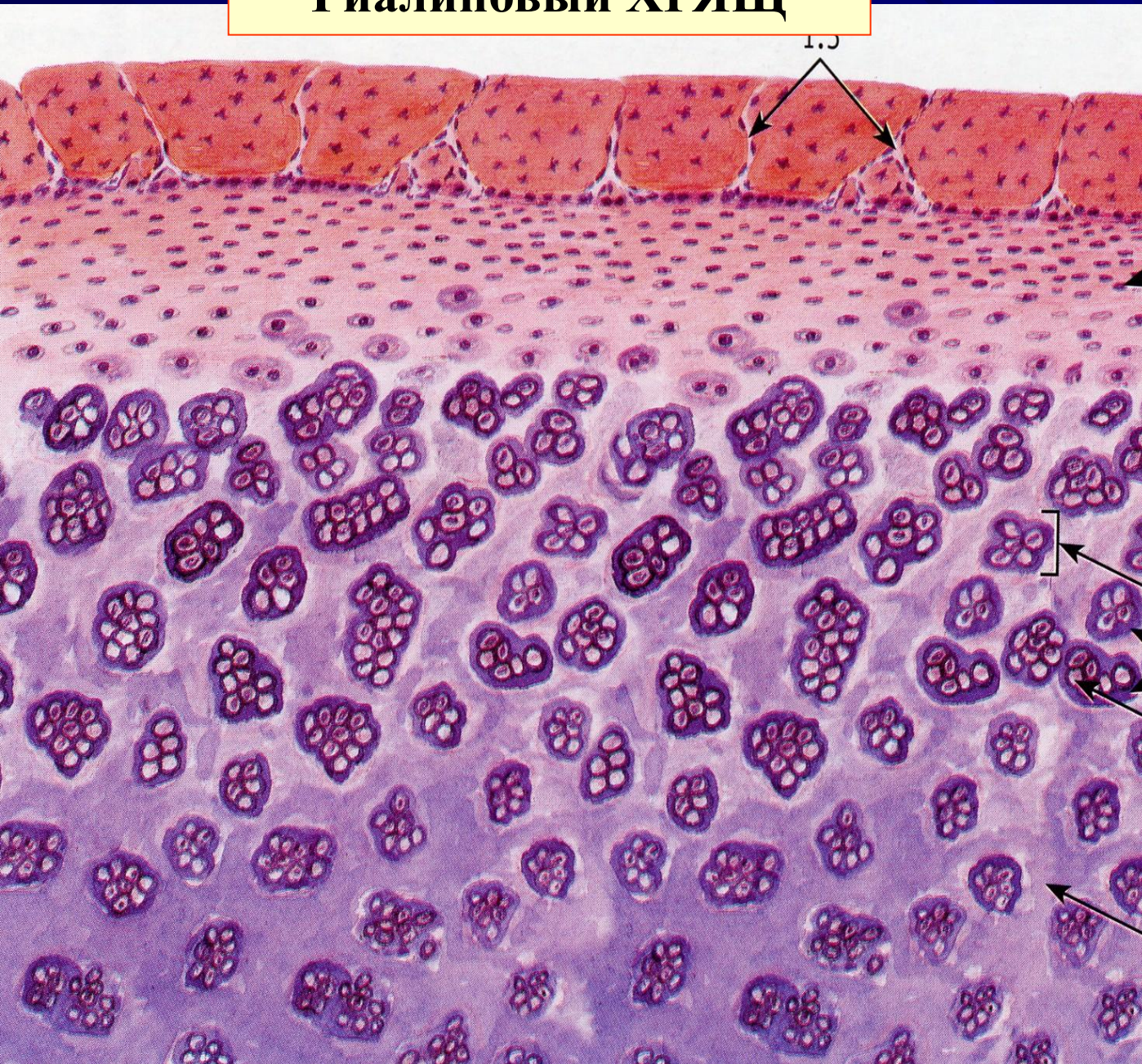
Минеральные вещества в ХТ
в норме практически отсутствуют.

Эмбриональный хондрогенез



Mesenchyme >>> Condensed Chondroblasts >>> ECM Secretion >>> Isogenous Groups

Гиалиновый ХРЯЩ



Зона
надхрящницы

Зона молодого
хряща

Зона зрелого
хряща

Ткань хрящевая

Механические свойства **ХТ** определяются иными причинами, чем костной ткани.

- Матрикс свежей (нативной) **ХТ** содержит огромное количество ВОДЫ (от 65 до 85 %!!!).
- **«Структурированная»** ВОДА матрикса, связанная ГАГ, по прочности подобна кристаллу.

* * *

Сухая органика матрикса ХТ:

1) 70-90 % = гликозаминогликаны =

и

1) 10-30 % = матриксный белок: коллаген II-го типа

Ткань хрящевая: КЛЕТКИ

Гистогенез хондрогенных клеток

У зародыша

= мезенхимные К. → клетки хондрогенного островка → хондробласты → хондроциты.

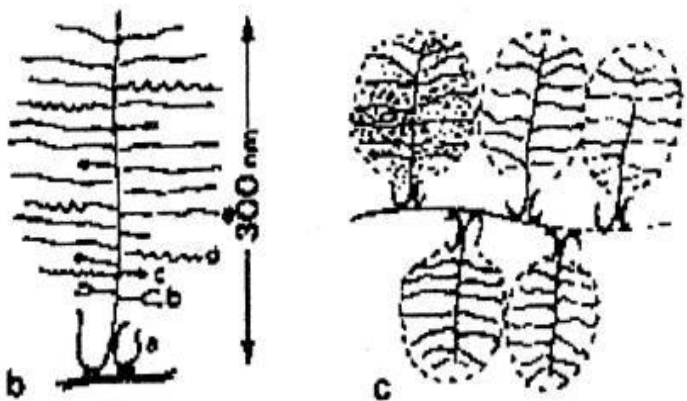
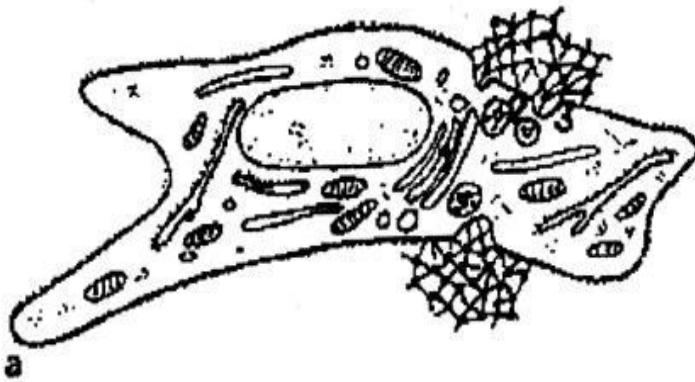
В постнатальном периоде

= хондрогенные К. надхрящницы → хондробласты → хондроциты.

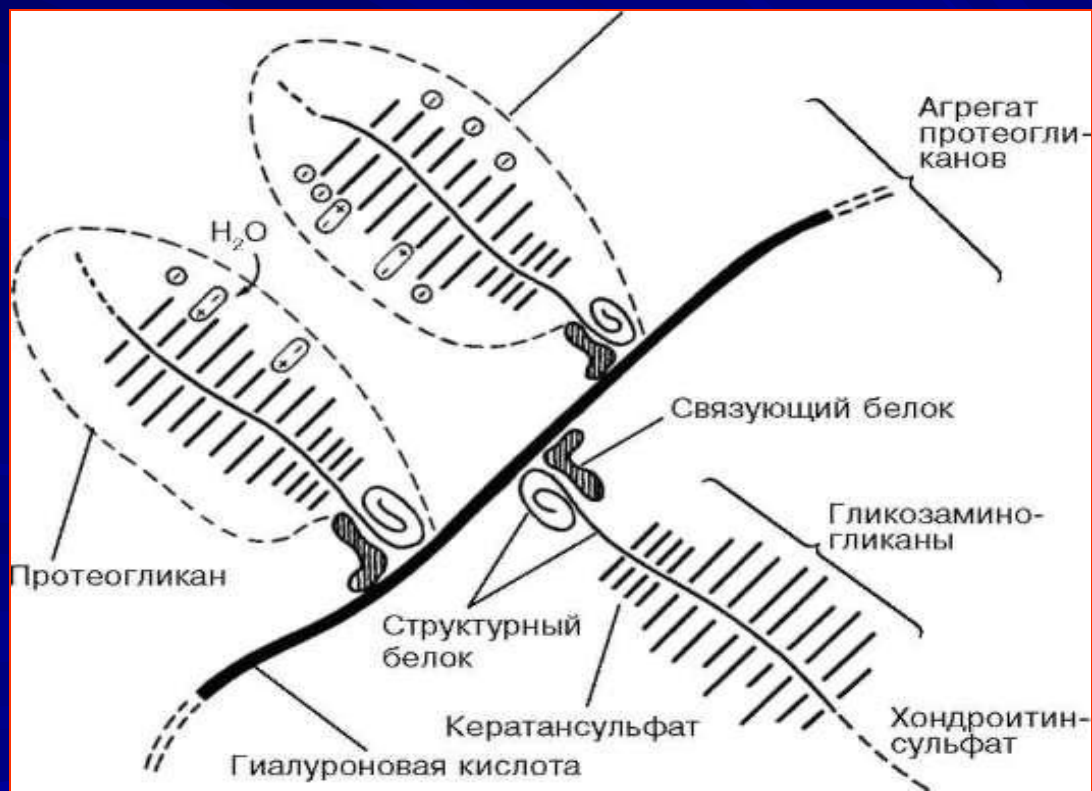
NB! В ХТ хондро-циты более активны, чем хондро-бласты!

Разрушается ТОЛЬКО кальцинированный хрящ = остеокластами (здесь – хондрокластами)

Хондроцит

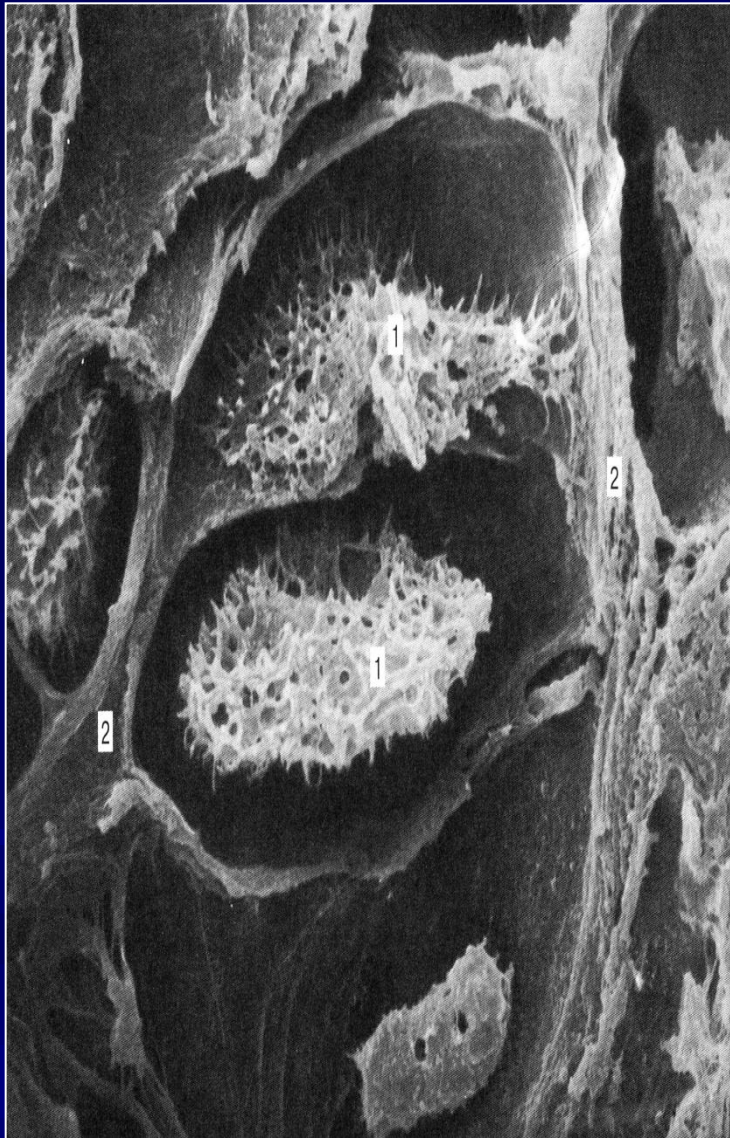


Ветвящиеся **полисахариды** (сульфатированные гликозаминогликаны) **связывают** диполи молекул воды, лишая их «текучести» и превращая в жидкий кристалл!



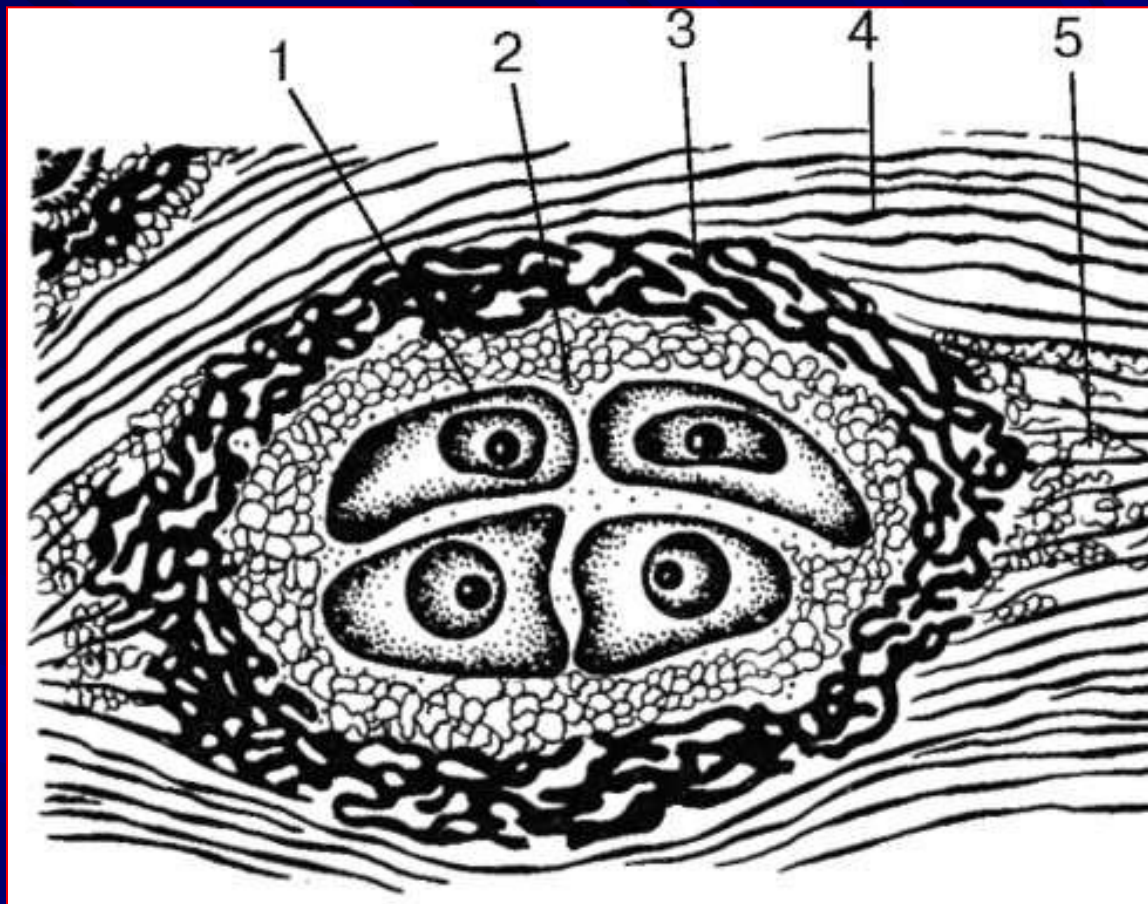
Точки =
диполи
ВОДЫ

**Ткань хрящевая =
хондрогенные клетки**



- Хондрогенные клетки = **хондроциты**, располагаются как у поверхности хряща, так и в глубине;
- Глубоко лежащие ХЦ сосредоточены в «**лакунах**», где лежат группами (= это сестринские клетки или «**изогенные**» группы»).

«Глубокие» ХЦ **активны**
= они нарабатывают органику
матрикса,
а также продолжают делиться.

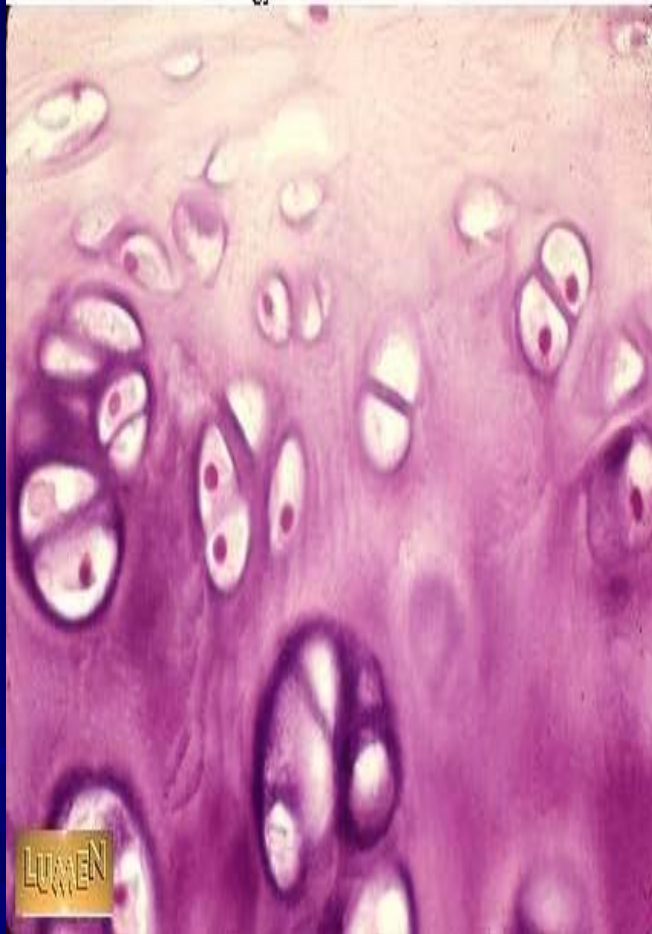


Структура морфо - функциональной единицы хрящевой ткани = «хондрона»:

1 - хондроциты; 2 - матрикс клеточной территории, состоящий из петливой сети неколлагеновых белков и протеогликанов; 3 - коллагеновые волокна, образующие стенку лакуны; 4 - межтерриториальный участок хряща; 5 - протеогликаны в межтерриториальном матриксе (по В. Н. Павловой, с изменениями)

Ткань хрящевая: гиалиновая

Histology Lab Part 9: Slide 35



ТХ гиалиновая (гр. *hyalos* — стекло) — в суставах, ребрах, стенке воздухоносных путей.

- У плода формирует «провизорный» скелет.
- В **ГХ** светооптически **не обнаруживаются** коллагеновые волокна;
- Изогенные группы хондроцитов **многочисленны** (особенно в глубине);
- С возрастом **может (!!!)** кальцинироваться и **замещаться костной тканью.**

Гиалиновый ХРЯЩ



Глубокая зона
хряща

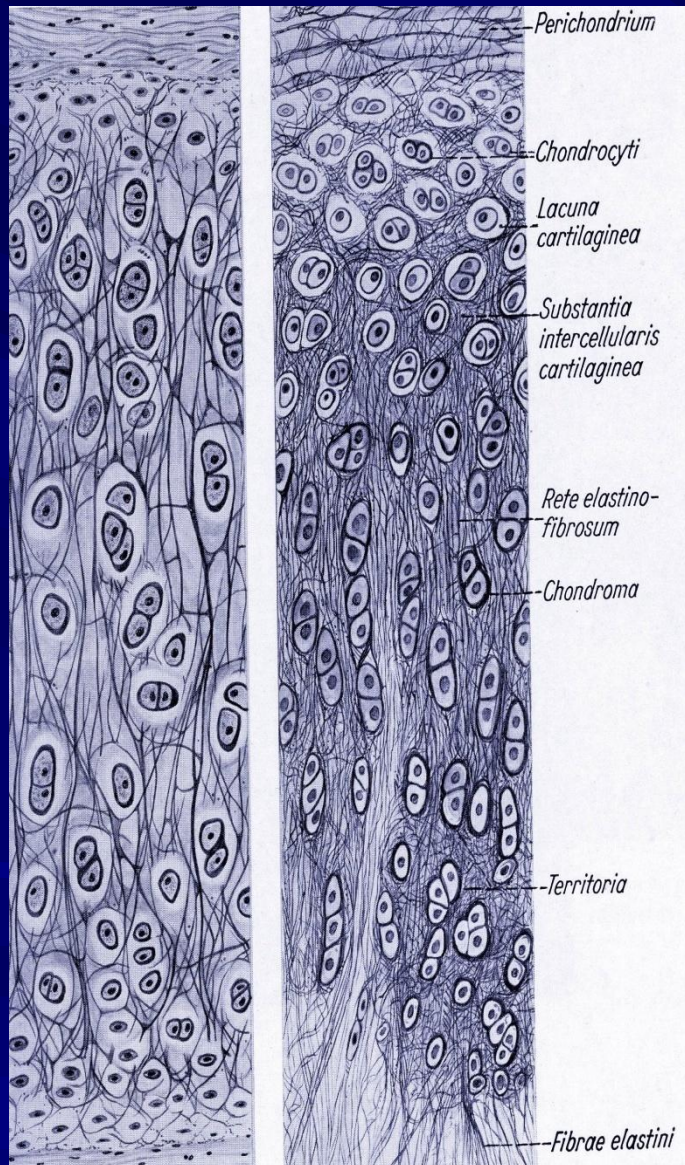
□ В непрерывно растущих гиалиновых хрящах, хондроциты, рано или поздно начинают страдать: от (1) недостатка кислорода и (2) питательных веществ.

□ Хондроциты глубокой зоны уменьшаются в размерах и начинают продуцировать «неполноценные» ГАГ матрикса, что приводит:

□ (а) к повышению его хрупкости и

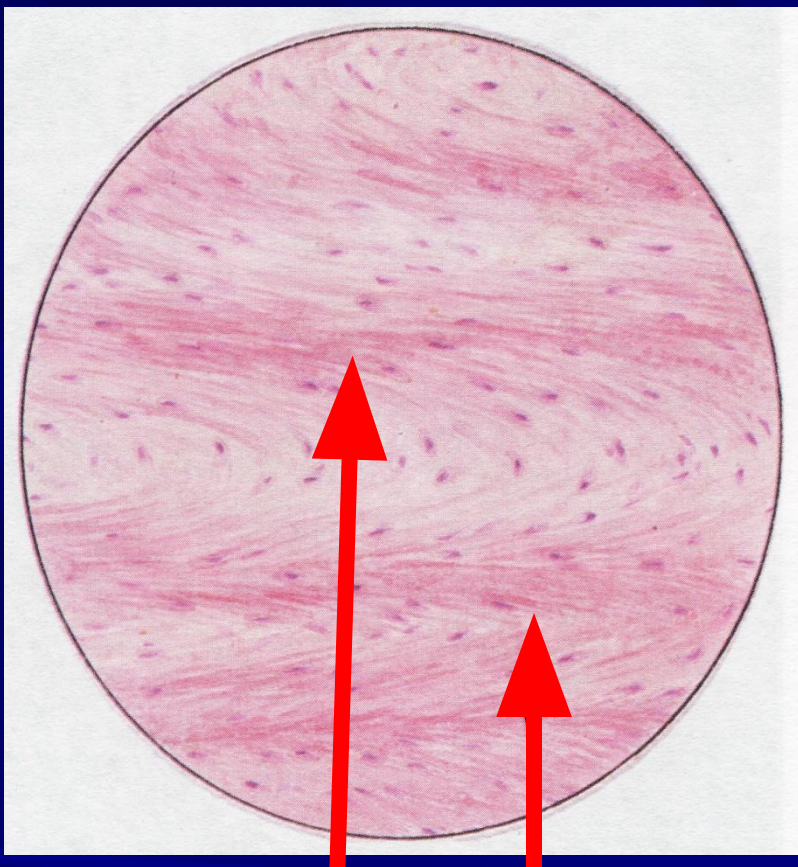
□ (б) к кальцификации!

Ткань эластическая хрящевая



- Главная особенность **ХТЭ** = наличие в межклеточном веществе наряду с КОЛЛАГЕНОВЫМИ ВОЛОКНАМИ и пучками, МНОГОЧИСЛЕННЫХ И ТОНКИХ **ЭЛАСТИЧЕСКИХ** **ВОЛОКОН**, расположенных, нередко, без определённой закономерности.

Ткань хрящевая
КОЛЛАГЕНОВО-ВОЛОКНИСТАЯ

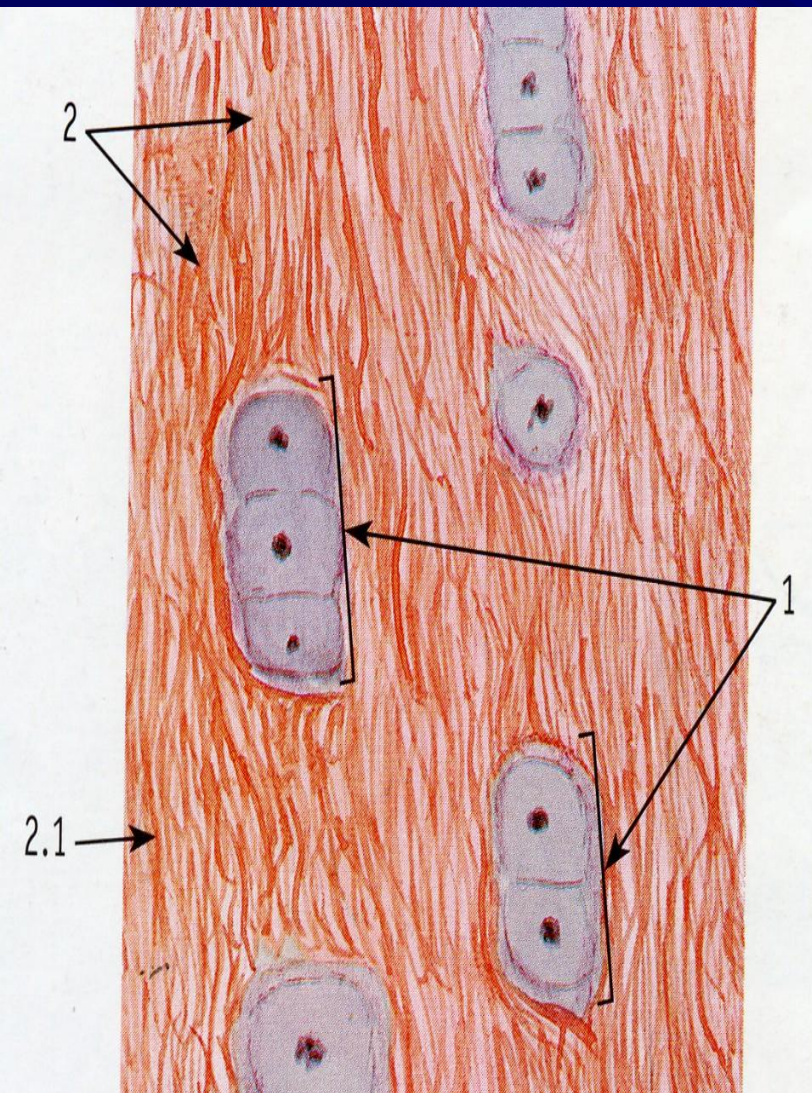


Пучки коллагеновых
ВОЛОКОН

ТХ ВОЛОКНИСТАЯ (или
КОЛЛАГЕНО-
ВОЛОКНИСТЫЙ хрящ) —
напоминает
гиалиновый хрящ,
проросший
коллагеновыми
пучками

Хондроциты здесь
располагаются
цепочками, а не
островками.

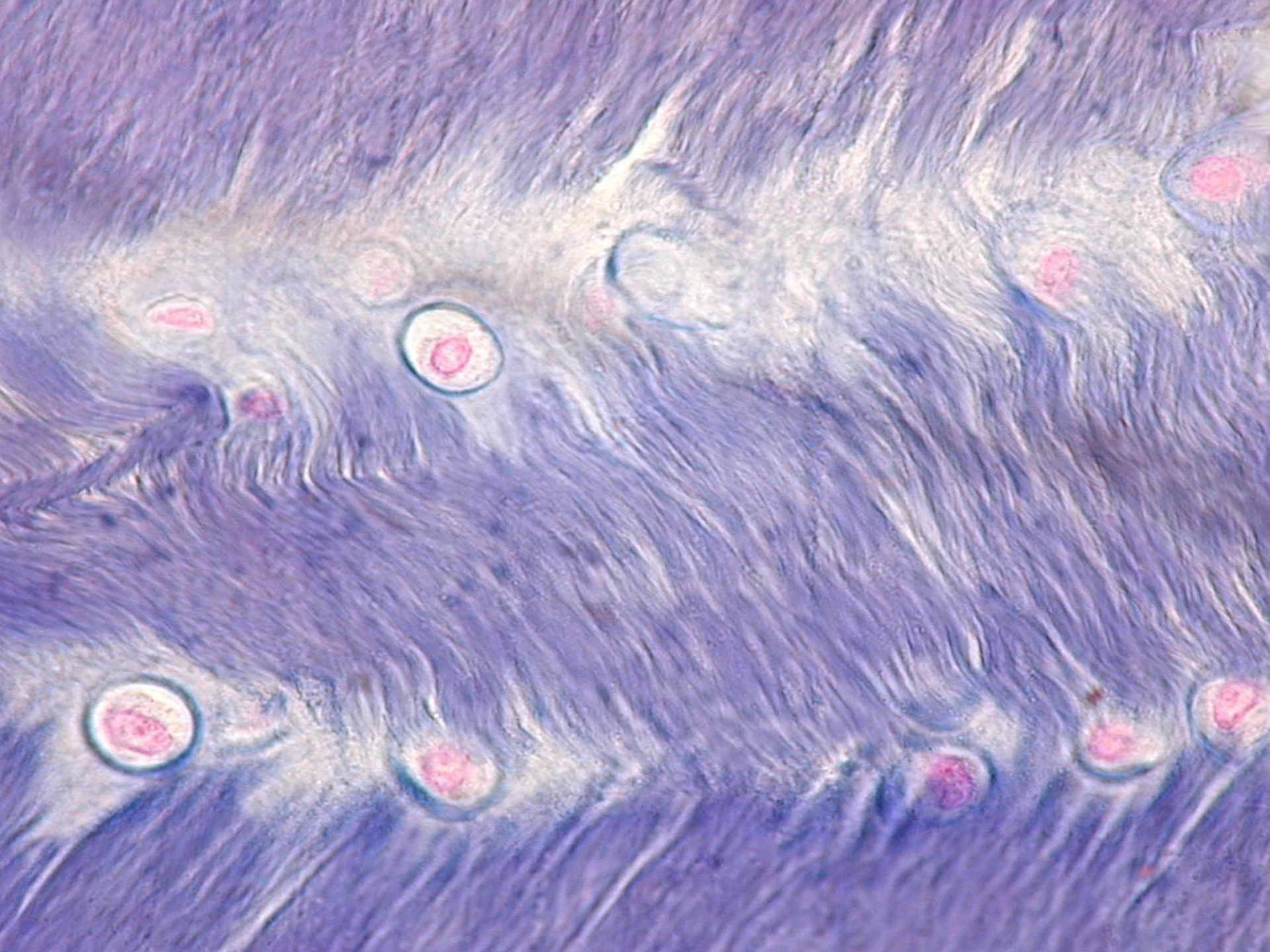
Коллагеново-волокнистая хрящевая ткань



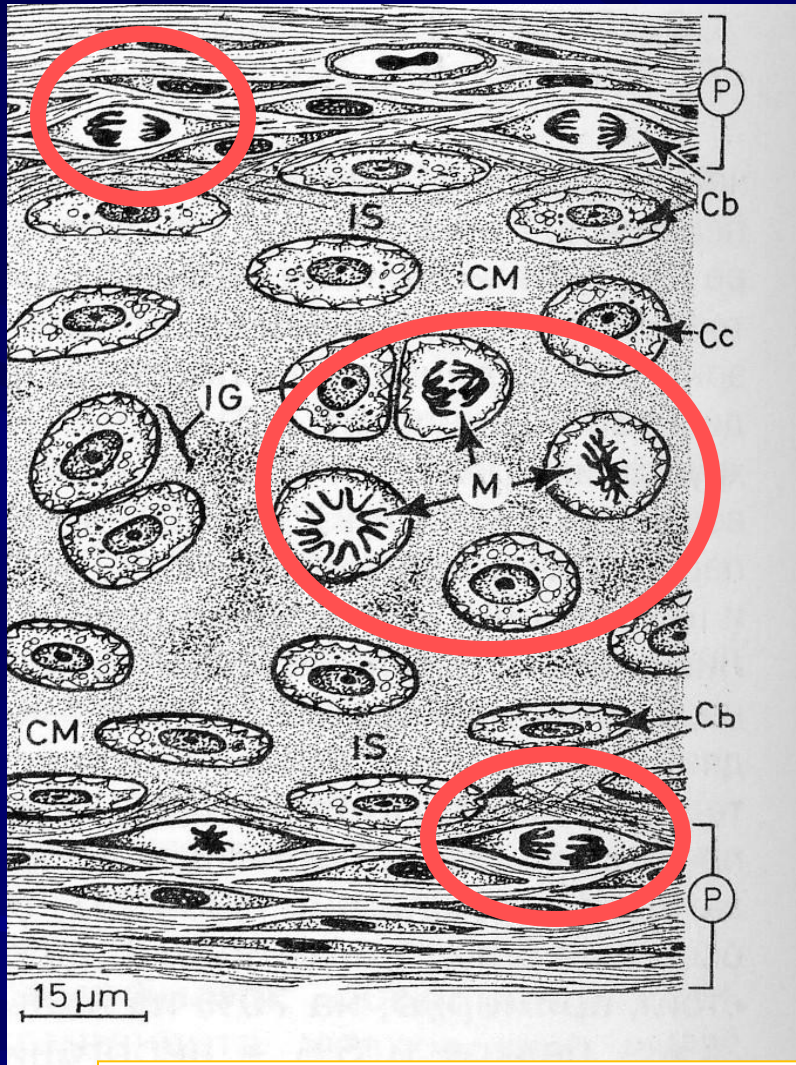
ХТВ встречается:

- а)** в межпозвоночных дисках и
- б)** в местах прикрепления связок к гиалиновым хрящевым образованиям.

В норме ВХТ не кальцифицируется.



Ткань хрящевая



Рост хрящевых образований происходит за счёт:

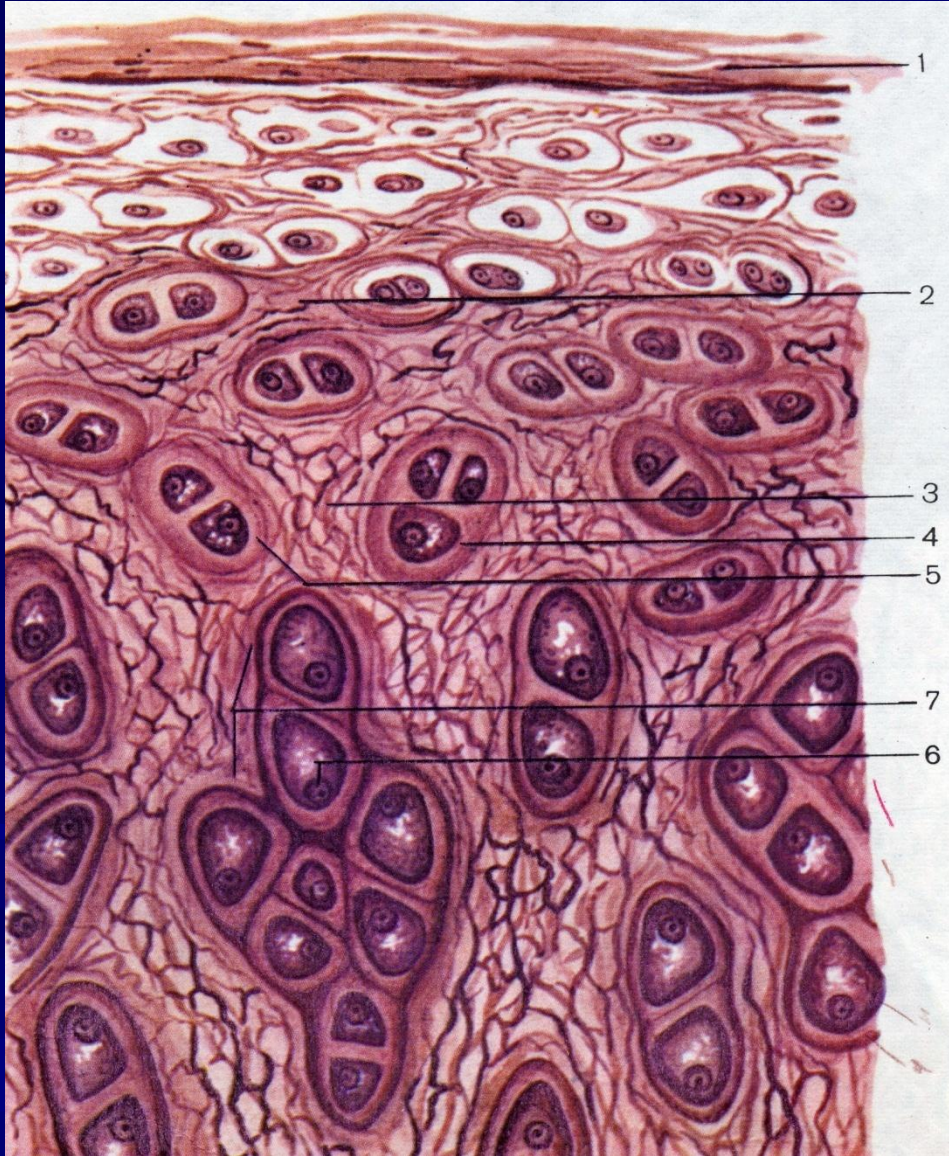
- **размножения клеток (+)**
- интенсивной **продукции** ими органических **молекул матрикса:**

1) На = **поверхности** (**аппозиционный** рост).

2) И = **изнутри** (**интерстициальный** рост).

Быстрый рост гиалиновой ХТ (по сравнению с костной) объясняет долговременное наличие участков хряща в составе скелета ребёнка!!!

Ткань хрящевая эластическая



- **ТХ**
эластическая,
находится в органах,
где хрящевая основа
часто
подвергается
изгибам (= ушная
раковина, хрящи
гортани и др.).